Revisione	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato
1	09/2018	REVISIONE	ATI PROGETTAZIONE	GATTI	CASSANI
0	11/2017	PRIMA EMISSIONE	ATI PROGETTAZIONE	GATTI	CASSANI

REGIONE LIGURIA

#ItaliaSicura
Presidenza del Consiglio dei Ministri

COMUNE DI GENOVA

PIANO STRALCIO PER LE AREE METROPOLITANE E LE AREE URBANE CON ALTO LIVELLO DI POPOLAZIONE ESPOSTA AL RISCHIO DI ALLUVIONI

Presidenza del Consiglio dei Ministri

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
COMMISSARIO STRAORDINARIO
delegato per l'attuazione degli interventi inseriti nell'A.d.P. del 16.09.2010 e ss.ii.
(ex art. 10 del D.L. n. 91 del 24.06.2014)

Commissario straordinario
Dott. Giovanni TOTI

PROGETTISTI

CAPOGRUPPO MANDATARIA:

ROCKSOIL S.p.A.
CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA
nel campo della GEOINGEGNERIA

MANDANTI:

art ambiente risorse territorio

HYDRODATA INGEGNERIA DELLE RISORSE IDRICHE

Ing. Mario CANGIANO

Ing. Paolo GALLO

Ing. Francesco DE SANCTIS

Dott.ssa Francesca GIOMI

RESPONSABILE STRUTTURA COMMISSARIALE
Ing. Luca BERRUTI

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO
Ing. Stefano PINASCO

Progettista responsabile integrazioni prestazioni specialistiche e Direttore Tecnico della mandataria.
Rocksoil S.p.A.
Ing. Giovanna Cassani
Ord. Ingg. Milano N° 20997

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTT. ING. CASSANI GIOVANNA
Sez. A Settori:
a) civile e ambientale
b) industriale
c) dell'informazione
n° A 20997

Progettista/Progettisti responsabili elaborato
Rocksoil S.p.A.
Ing. Giovanna Cassani
Ord. Ingg. Milano N° 20997

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTT. ING. CASSANI GIOVANNA
Sez. A Settori:
a) civile e ambientale
b) industriale
c) dell'informazione
n° A 20997

Intervento/Opera

SECONDO LOTTO DEI LAVORI RELATIVI ALLA REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA SCOLMATRICE DEL TORRENTE BISAGNO IN COMUNE DI GENOVA

PROGETTO ESECUTIVO

N° Progr. ----

Codice elaborato: BIS2E - R - GEN01 -RE02- 1

Oggetto della tavola

PARTE GENERALE

ELABORATI DESCRITTIVI GENERALI

Relazione generale

Scala: -

Data: 14 SETT. 2018

Codice FILE: BIS2E-R-GEN01-RE02-1.DWG

I DISEGNI E LE INFORMAZIONI IN ESSI CONTENUTE SONO PROPRIETA' ESCLUSIVA DELLA STRUTTURA COMMISSARIALE E NON POSSONO ESSERE MODIFICATI, RIPRODOTTI, RESI PUBBLICI O UTILIZZATI PER USI DIFFERENTI DA QUELLI PER CUI SONO STATI REDATTI, SALVO AUTORIZZAZIONE SCRITTA.

INDICE

1 INTRODUZIONE 5
1.1 Note generali sulla progettazione esecutiva dell'intervento 5
1.2 Iter progettuale antecedente il Progetto Esecutivo 7
1.2.1 La costruzione del deviatore Fereggiano alla fine degli anni 80 7
1.2.2 Breve sintesi dei lavori di costruzione del deviatore Fereggiano 7
1.2.3 I recenti sviluppi progettuali 10
1.2.4 Il Progetto Preliminare dello scolmatore del Bisagno e rii minori (anno 2000) 10
1.2.5 Il Progetto Definitivo Generale dello scolmatore del Bisagno e rii minori (anno 2007) 11
1.2.6 La perizia Bellini/Tubino (2011) 11
1.2.7 L'accordo Regione Liguria - Provincia di Genova - Comune di Genova (2013) 12
1.2.8 Le determinazioni del gruppo di Lavoro costituito dal Comune di Genova 13
2 INDAGINI, RILIEVI E RICERCHE 16
2.1 Inquadramento territoriale 16
2.2 Riepilogo degli strumenti urbanistici vigenti 16
2.2.1 Piano Urbanistico Comunale di Genova 16
2.2.2 Piano Urbanistico Comunale di Arenzano 17
2.3 Rilievi topografici 17
2.3.1 Rete di inquadramento 19
2.3.2 Rilievi a terra 19
2.3.3 Elaborati di restituzione 19
2.4 Acustica 19
2.5 Atmosfera 20
2.6 Indagini geognostiche 21
2.6.1 Note introduttive 21
2.6.2 Scopi della campagna indagine integrativa 21
2.6.3 Articolazione della campagna indagini 21
2.7 Indagini ambientali 22
2.8 Rilievi batimetrici 23
2.9 Verifica preventiva dell'interesse archeologico 26
3 STUDI AMBIENTALI (SIA) 28
4 GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA 30
1.1. Assetto geologico regionale 30
1.2. Assetto geologico locale 31
1.2.1. Le Argilliti di Montoggio 32
1.2.2. Il Flysch di Monte Antola 32
1.2.3. Le Argille di Ortovero 33
1.2.4. Depositi alluvionali 34
1.2.5. Coltri detritiche eluvio-colluviali 34
1.2.6. Depositi di spiaggia 34
1.2.7. Depositi antropici 34
1.3. Assetto geomorfologico 34
1.3.1. Bacino del torrente Bisagno 35
5 IDROLOGIA 39
5.1 Pluviometria 39
5.2 Portate di progetto 39

6 IDRAULICA 41
6.1 IMPOSTAZIONE PROGETTUALE E CRITERI DI DIMENSIONAMENTO IDRAULICO 41
6.1.1 Sintesi dei risultati delle analisi condotte nell'ambito dello studio di fattibilità 41
6.1.2 Criteri di dimensionamento idraulico 43
6.1.3 Schema idraulico della soluzione di progetto 44
7 OPERE IN ALVEO 46
7.1 Inquadramento generale 46
7.2 Briglia di trattenuta dei corpi galleggianti 46
7.3 Sistemazioni dell'alveo 47
7.4 Opera di sbarramento 48
7.4.1 Opera principale di sbarramento 48
7.4.2 Passerelle di servizio 48
7.4.3 Sistemazione del piazzale 48
7.4.4 Edificio di controllo 49
7.4.5 Muri di sponda 50
7.4.6 Manufatto di alloggiamento dei panconi 50
7.5 Opera di presa 50
7.6 Passerella pedonale 50
8 OPERE IN SOTTERRANEO 52
8.1 Layout generale degli interventi 52
8.2 Finestra di servizio ed opere di imbocco 54
8.3 Camerone di montaggio TBM e camera di lancio 58
8.4 Galleria scolmatrice – scavo in tradizionale (tratta a monte camerone) 60
8.5 Galleria scolmatrice – Scavo in meccanizzato 62
9 OPERA DI PRESA RIO SCIORBA 65
9.1 Opera di presa dall'alveo 65
10 OPERE DI SBOCCO A MARE 66
10.1 Note generale di inquadramento dell'intervento 66
10.2 Rinforzo statico degli arconi di C.so Italia 68
11 REGIMAZIONE ACQUE SUPERFICIALI DEL VERSANTE SOPRASTANTE I CONDOMINII DI VIA MERELLO 70
11.1 Interventi di regimazione idraulica 70
11.2 Intervento A: nuovo sistema di drenaggio 72
11.2.1 Rifacimento sistema di drenaggio e scarico su muro di sostegno 73
11.2.2 Nuovo collettore di smaltimento acque meteoriche 74
11.3 Intervento B: adeguamento opera di intercettazione rio esistente a lato condominio "alto" 75
12 RIPASCIMENTO SPIAGGE 77
12.1 Siti integrativi di ripascimento nel Levante genovese in regime di Concessione 77
12.1.1 Settore 1 (C.so Italia) - Da San Nazaro al Lido 77
12.1.2 Settore 2 (Sturla) - dal torrente Sturla al 5 Maggio 78
12.1.3 Settore 3 (Levante) - dal Monumento a Nervi 78
12.1.4 Volumi di ripascimento integrativi 78
12.2 Arenzano 79
12.2.1 Opere strutturali e ripascimenti previsti in progetto 79
12.3 Vesima 85
12.3.1 Opere strutturali, ripascimenti strutturali e stagionali 85

12.4 Voltri ... 86
12.4.1 Interventi di ripascimento previsti in progetto ... 86
12.5 C.so Italia ... 89
12.5.1 Opere strutturali e ripascimenti strutturali e stagionali Spiaggia S. Nazaro ... 89
12.5.2 Opere strutturali e ripascimenti strutturali e stagionali Spiaggia Capo Marina ... 91
12.5.3 Opere strutturali e ripascimenti strutturali e stagionali Spiaggia S. Giuliano ... 92
12.6 Sturla ... 92
12.6.1 Opere strutturali e ripascimenti strutturali e/o stagionali ... 92
12.7 Levante ... 94
12.7.1 Caratteristiche del materiale da utilizzare per il ripascimento ... 94
12.7.2 Opere strutturali e ripascimenti strutturali della spiaggia di Quarto Bolivar ... 94
12.7.3 Opere strutturali e ripascimenti strutturali spiaggia della Lega Navale ... 95
12.7.4 Opere strutturali e ripascimenti strutturali spiaggia di Quinto Bagnara ... 96
12.7.5 Opere strutturali e ripascimenti strutturali spiaggia di Quinto Giannelli ... 97
12.7.6 Ripascimenti stagionali ... 98
13 IMPIANTI ELETTROMECCANICI ... 100
14 INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO ED AMBIENTALE ... 102
14.1 Opere in alveo ... 102
14.2 Cantiere area ex-canile ... 106
14.3 Sbocco a mare ... 110
15 CANTIERIZZAZIONE ... 114
15.1 Parte generale ... 114
15.2 Gestione delle materie ... 114
15.3 Piano di Utilizzo Terre ... 116
15.3.1 Destinazione del materiale ... 116
15.4 Cantiere area ex-canile ... 118
15.4.1 Lavorazioni da eseguire all'interno dell'area di cantiere ... 121
15.4.2 Dotazioni impiantistiche ... 123
15.5 Cantiere galleria scolmatrice ... 124
15.5.1 Note generali ... 124
15.5.2 Cantierizzazione galleria di servizio (Scavo con sistema tradizionale – L= 410 m) ... 124
15.5.3 Camerone di montaggio della TBM ... 124
15.5.4 Cantierizzazione galleria scolmatrice scavata con sistema meccanizzato (TBM) ... 126
15.6 Cantiere in alveo ... 126
15.7 Cantiere sbocco a mare ... 127
16 PIANO DI MONITORAGGIO ... 128
16.1 Note generali ... 128
16.2 Monitoraggio di superficie ... 128
16.2.1 Introduzione ... 128
16.2.2 Monitoraggio degli edifici ... 129
16.2.3 Monitoraggio struttura di rinforzo statico degli arconi (C.so Italia) ... 129
16.2.4 Monitoraggio delle gallerie esistenti RFI ... 129
16.3 Monitoraggio in sotterraneo ... 131
16.3.1 Criteri generali ... 131
16.3.2 Finestra di servizio ... 132
16.3.3 Galleria Scolmatrice – Tratta a monte ... 133
16.3.4 Galleria Scolmatrice – Corso Italia ... 134

16.3.5 Galleria Scolmatrice – Camera di lancio 134
16.3.6 Galleria Scolmatrice – Camerone e allargo finestra 134
16.3.7 Galleria Scolmatrice – Scavo meccanizzato 137
17 PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE E SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE DEI CANTIERI 138
17.1 Obiettivi e requisiti del monitoraggio ambientale 138
17.2 Articolazione temporale del M.A. 139
18 PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO E DEMOLIZIONI 140
19 CENSIMENTO E RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE 141
20 PIANO DI MANUTENZIONE 142
21 PSC 143
21.1 Relazione descrittiva 143
21.2 Conclusioni generali 143
21.3 Allegati 144

1 INTRODUZIONE

1.1 Note generali sulla progettazione esecutiva dell'intervento

La presente Relazione Generale ha la finalità di illustrare il Progetto Esecutivo del 2° Lotto dei lavori per la realizzazione della galleria scolmatrice del torrente Bisagno, in comune di Genova

L'intervento oggetto dell'affidamento di progettazione esecutiva comprende nello specifico il complesso delle opere di presa e sistemazione dell'alveo Bisagno, la galleria scolmatrice con sviluppo complessivo di 6500 m circa da scavarsi con sistema meccanizzato e gli interventi connessi allo sbocco a mare presso la spiaggia di San Giuliano, con il completamento del manufatto di convergenza della galleria Bisagno sulla galleria scolmatrice del torrente Fereggiano, i cui lavori sono in corso di completamento.

Il Disciplinare di gara (2016) inquadrava una doppia alternativa per quanto concerne il tracciato della galleria scolmatrice, in variante rispetto al Progetto Definitivo generale (2007), dettata dalle mutate condizioni dei luoghi presso l'imbocco della prevista finestra laterale di accesso (nuove edificazioni area artigianale a valle dalla cava Zanacchi) dalla quale scavare, con metodo tradizionale, la galleria scolmatrice verso mare; da tale elemento, unitamente alla realizzazione dello scavo con sistema meccanizzato ed esclusivamente da monte verso mare (prescrizioni contenute nel Disciplinare di gara), derivano appunto le alternative inquadrate nel citato Disciplinare, basate 1) sull'individuazione di possibili aree disponibili per la realizzazione di pozzi destinati esclusivamente al calaggio della fresa e 2) sull'approntamento del cantiere a servizio dello scavo in meccanizzato all'interno del canale di sfioro, posto in comunicazione tramite rampa mobile con la viabilità di accesso (Via Adamoli).

In sede di Offerta, la scrivente ATI, ha elaborato un layout delle opere che prevede 1) il mantenimento dell'accesso alla galleria, in fase di scavo, da finestra laterale, perseguendo l'obiettivo principale di isolare idraulicamente il cantiere in sotterraneo rispetto agli eventi meteorici e le conseguenti variazioni di livello in alveo Bisagno e 2) la realizzazione di un camerone in sotterraneo per il montaggio della fresa al quale accedere appunto tramite la suddetta finestra, con relativa, significativa, riduzione degli impatti sul contesto antropico. In particolare la soluzione proposta in fase di gara contemplava la possibilità di evitare ogni interferenza sia con l'impianto calcistico della Sciorba sia con l'area giardini della piscina all'aperto, presso i quali erano identificati dal Disciplinare i due corridoi di accesso alla galleria scolmatrice, nonché prevedeva lo scavo della galleria a foro cieco al di sotto di Via Adamoli e sbocco diretto in alveo (canale sfioratore), scavo attaccato dal camerone di montaggio con metodo tradizionale, verso monte, consentendo di eliminare ogni cantiere a cielo aperto in corrispondenza dell'importante asse viario in sinistra Bisagno.

Nel corso della fase di avvio degli studi di approfondimento propedeutici all'avvio della Progettazione Esecutiva, è stata delineata dal Comune di Genova l'opportunità di utilizzare quale area di accantieramento principale il sedime dell'ex canile Comunale (ubicato circa 450 m a valle dell'area sportiva Sciorba), con relativa possibilità di realizzare da tale area la finestra di accesso al camerone di montaggio TBM, mantenendo pertanto il layout progettuale introdotto in seno all'Offerta con i relativi aspetti migliorativi sopra menzionati. Gli studi sviluppati con l'incarico di cui sopra hanno approfondito i principali aspetti di carattere idraulico e costruttivo connessi alle alternative di tracciato, ovvero con imbocco dello scolmatore presso area campo sportivo Sciorba (alternativa 1) o giardini piscine all'aperto (alternativa 2), con inquadramento particolare dei temi legati alla cantierizzazione delle opere nel delicato contesto della Valle Bisagno ed all'interferenza delle lavorazioni con il tessuto urbano e le molteplici attività in essere. Ne è discesa quindi una fase di valutazione comparata delle soluzioni tecniche esaminate, declinata anche in termini economico-temporali, per un inquadramento completo di tutti gli elementi utili al processo decisionale dell'alternativa sulla quale avviare la progettazione esecutiva.

Dal confronto diretto delle alternative progettuali sopra menzionate è apparsa evidente la complessità tecnica connessa alla realizzazione degli interventi in subalveo previsti dall'alternativa 1, richiedendo questi l'esecuzione di lavorazioni specialistiche da effettuarsi appunto operando direttamente in alveo, prima di condurre lo scavo a foro cieco secondo la logica costruttiva del metodo Milano, sull'estensione di circa 300 m: trattasi in particolare dei tamponi di fondo per l'impermeabilizzazione dello scavo, dei consolidamenti a presidio dei muri di sponda lungo Via Adamoli, delle paratie di pali secanti a garanzia di tenuta delle correnti di subalveo e della falda, dei getti in opera per la realizzazione della copertura. Tali lavorazioni non possono prescindere dall'approntamento di un'area di cantiere adeguatamente protetta ed isolata rispetto alle portate transitanti in alveo Bisagno: a tale condizione si associa pertanto la riduzione della sezione idraulica del torrente Bisagno, perdurante per l'intero sviluppo dei lavori. Si è segnalato inoltre l'elemento di ulteriore criticità, sempre connesso all'alternativa 1, consistente nel passaggio del canale in subalveo al di sotto del Ponte Ugo Gallo: le ridotte altezze operative sotto l'impalcato del ponte avrebbero precluso l'adozione della tecnologia dei pali trivellati, dovendo pertanto ricorrere a lavorazioni di più facile gestione quali berlinesi di micropali, cui si associa, tuttavia, l'esigenza di provvedere all'impermeabilizzazione delle pareti di scavo nonché l'approntamento di mezzi di sostegno laterale quali tirantature, con evidenti maggiori oneri realizzativi e difficoltà esecutive.

Il Commissario Straordinario, con lettera Prot. PG/2017/295022 del 08.09.2017, si è espresso a valle dell'esame del citato studio di fattibilità, individuando nell'alternativa "2a" la soluzione tecnica da perseguire nello sviluppo delle attività di progettazione esecutiva.

Secondo la configurazione della citata alternativa, l'attacco della galleria scolmatrice sull'alveo Bisagno è stato innanzitutto previsto all'altezza di Via Merello, ovvero in prossimità dell'area verde delle piscine all'aperto in corrispondenza delle quali era identificato, in seno al Disciplinare di gara, il corridoio di passaggio da valutarsi come alternativo rispetto a quello preferenziale ubicato presso l'area sportiva Sciorba. Tale soluzione di tracciato ha determinato primariamente una sostanziale riduzione degli interventi in alveo, mantenendo di fatto inalterati sviluppo longitudinale e conformazione geometrica dello sfioratore laterale e dello scivolo con relativo bacino di dissipazione; l'attacco della galleria scolmatrice risulta essere ubicato immediatamente a valle del bacino stesso, con eliminazione pertanto del lungo tratto di canale in subalveo presente nell'alternativa numero 1.

E' mantenuto l'impianto progettuale che prevede lo scavo di una finestra laterale d'accesso dall'area di cantiere principale posta, analogamente a quanto descritto per l'alternativa 1, presso l'ex canile comunale, nonché la realizzazione del camerone di montaggio TBM al termine della stessa, sull'asse della galleria scolmatrice. La finestra di accesso prevede Il passaggio sotto l'edificio scolastico di Via Terpi con coperture comunque non inferiori ai 15 m, mentre il tracciato si sviluppa per circa 390 m sino a raggiungere la posizione per la realizzazione del camerone di montaggio TBM, ubicato in posizione più interna rispetto alla Valle Bisagno di quanto previsto con l'alternativa progettuale num. 1 (copertura prossima ai 120 m), cosi come il tracciato stesso della galleria scolmatrice (condizione questa connessa alla posizione più a monte dell'attacco sull'alveo Bisagno). La tratta della galleria scolmatrice da scavarsi con sistema meccanizzato misura 5973 m, mentre la tratta prevista in tradizionale, verso monte (alveo Bisagno) è limitata a m 650 di sviluppo lineare.;Lo scavo in tradizionale nel contesto di Via Adamoli /incrocio Via Merello avverrà con coperture nell'ordine dei 5 m, prevedendosi sezioni di scavo con ricorso a preconsolidamenti al contorno ed al fronte, con eliminazione di qualsivoglia attività effettuata da piano strada e preservazione della completa fruibilità delle aree (viabilità, area verde piscine etc.).

1.2 Iter progettuale antecedente il Progetto Esecutivo

1.2.1 La costruzione del deviatore Fereggiano alla fine degli anni 80

Le vicende delle piene del torrente Bisagno e del rio Fereggiano hanno segnato, in maniera talvolta tragica, la storia recente della città di Genova.Già nel 1989 fu dato corso alla costruzione del deviatore Fereggiano, ovvero di uno scolmatore di piena in galleria, con presa prevista in via Pinetti-salita Ginestrato, allo scopo di "deviare" pressoché l'intera portata del torrente nella galleria stessa, sgravando il tratto terminale del rio fino alla foce. Non era uno "scolmatore" (ossia un'opera idraulica atta a "scolmare" ovvero a ridurre le portate di piena di un corso d'acqua) ma un vero e proprio "deviatore" (in grado cioè di "deviare" l'intera portata del corso d'acqua).Quel progetto fu approvato ed appaltato. I lavori furono affidati alla società Italstrade.Il progetto era costituto da:

- un'opera di presa sul torrente Fereggiano all'altezza di via Pinetti – salita Ginestrato;
- opere di presa minori sui rii Rovare e Noce;
- galleria di derivazione principale collegante la presa Fereggiano con il mare, ed immissioni secondarie di 2 gallerie minori collegate alle prese dei rii Rovare e Noce;
- opera di sbocco a raso con la spiaggia, in prossimità dei Bagni Benvenuto, ora Squash, a valle di Corso Italia.

La galleria era stata prevista con sezione circolare di 5,20 m, perfettamente circolare, da scavare con fresa e rivestimento prefabbricato con conci in cemento armato. Il funzionamento della galleria era previsto in pressione e per tale ragione erano stati previsti alcuni sfiati/aerofori. I lavori consentirono di realizzare i primi 909 m di galleria di cui circa 100 m a ferro di cavallo con metodi tradizionali ed il resto a sezione circolare mediante fresa. Non fu realizzata l'opera di sbocco, né nessuna delle prese. I 909 m di galleria costruiti non hanno mai svolto da allora alcuna funzione, né idraulica né di servizio. Nella presente relazione e più in generale nel presente Progetto di primo Stralcio, chiameremo con il nome "galleria Italstrade" questa porzione di galleria di 909 m costruita alla fine degli anni 80 ed inizio anni 90 e mai utilizzata.

1.2.2 Breve sintesi dei lavori di costruzione del deviatore Fereggiano

Nell'anno 1989 il progetto di deviazione del torrente Fereggiano fu predisposto dalla società ITALSTRADE S.p.A., facente parte del Consorzio C.I.L.T. (Consorzio Iniziative Liguri – Toscane) come stralcio della progettazione del deviatore del Bisagno, per la quale era stato conferito alla stessa ITALSTRADE specifico incarico da parte del Comune di Genova.

Il progetto del deviatore del Fereggiano, comprendente la captazione dei collettori bianchi Rovare, Noce, S. Martino, e la copertura dell'alveo storico del Fereggiano da Via Fereggiano a Via Ammarengo secondo gli elaborati predisposti dal Consorzio C.I.L.T, fu approvato in linea tecnica dalla Giunta Comunale con Deliberazione n° 1006 del 14.03.1989.

Il piano finanziario era suddiviso in due tranches.

La prima tranche prevedeva:
a) opere di presa sul Fereggiano;
b) briglia a monte dell'opera di presa;
c) rampa di accesso all'alveo del Fereggiano;
d) esecuzione di galleria con sezione tipo 1 (policentrica) in zona d'imbocco;

La seconda tranche prevedeva:
e) opere di completamento della galleria con sezione tipo 1;
f) ultimazione degli scavi in galleria con sezione tipo 2 (circolare);
g) monitoraggio delle gallerie ferroviarie intercettate lungo il tracciato ed opere di rinforzo;
h) formazione degli aerofori lungo tratti in galleria con sezione tipo 2;
i) opere di restituzione a mare.

Complessivamente erano previsti 2.610 m di avanzamento con sezione tipo 2, a geometria circolare, e circa 817 m con sezione tipo 1, a geometria policentrica, per uno sviluppo complessivo di 3.427,17 m.

Secondo il progetto di variante successivamente approvato, la sezione tipo 1 prevedeva un avanzamento mediante fresa puntuale, scavo con larghezza alla base 7,00 m, altezza al culmine 7,00 m, pre-rivestimento costituito da centine metalliche IPN 160 passo 80 - 100 - 120 cm, e 15 cm di spritz beton fibrorinforzato Rck 300; interventi di pre-consolidamento al contorno (infilaggi metallici) ed al fronte di scavo (VTR) erano limitati alla zona d'imbocco ed all'attraversamento di Corso Italia.

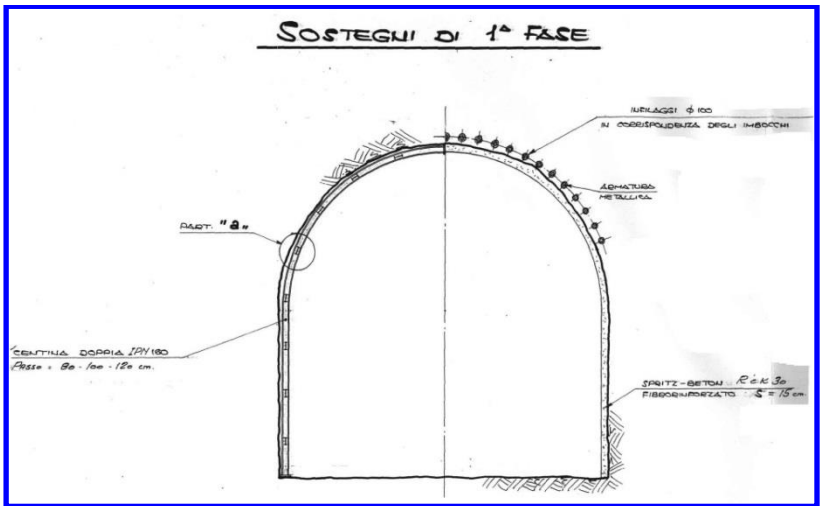


Figura 1-1 – Sezione tipo 1. Pre-rivestimenti. Fonte: Progetto Italstrade

Il rivestimento definitivo in zona di calotta e piedritti era costituito da calcestruzzo fibrorinforzato Rck 300, spessore minimo 35 cm. Alla base una soletta armata spessore 50 cm. Le dimensioni interne finite erano quindi: larghezza alla base 6,00 m, ed altezza al culmine 6,00 m .

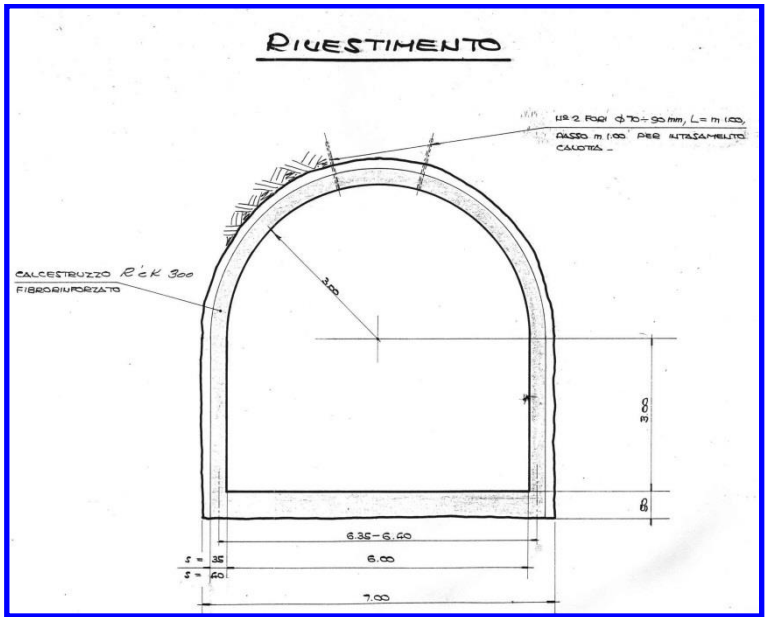


Figura 1-2 – Sezione tipo 1. Rivestimento definitivo. Fonte: Progetto Italstrade

Secondo il progetto di variante successivamente approvato, la sezione tipo 2 prevedeva uno scavo di larghezza pari a 6,00 m, con pre-rivestimento costituito da 10 cm di spritz beton fibrorinforzato Rck 300, avanzamento mediante fresa full face aperta con posa di un concio in c.a. alla base, lunghezza 1,30 m, avente incidenza del ferro pari a 164,85 Kg/m. Ove necessario erano previsti ancoraggi radiali passivi in numero di 9 a metro, lunghezza 2,70 m, o

centine metalliche continue passo 25 cm o 50 cm. Il rivestimento definitivo era in calcestruzzo fibrorinforzato Rck 300, spessore 30 cm, per un diametro interno finito di 5,20 m (figura seguente). I lavori furono consegnati in data 17 luglio 1991. La relativa ultimazione era prevista il 15 maggio 1992. I lavori di scavo in sotterraneo iniziarono nel novembre 1991, e si protrassero con regolarità fino all'inizio di giugno 1992.

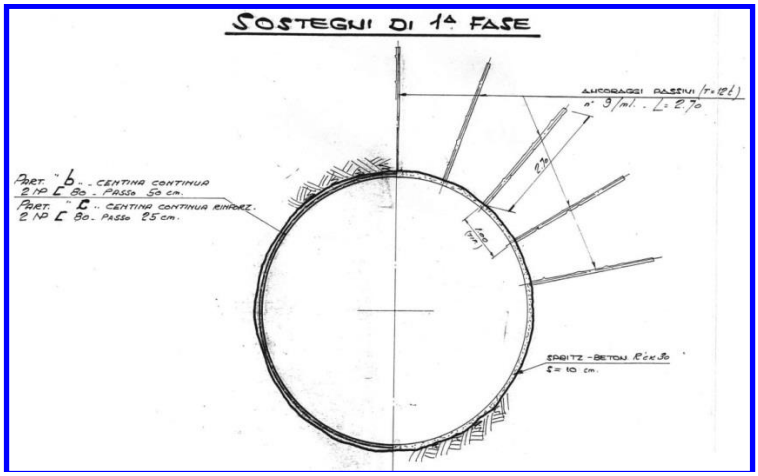


Figura 1-3 – Sezione tipo 2. Pre-rivestimenti. Fonte: Progetto Italstrade

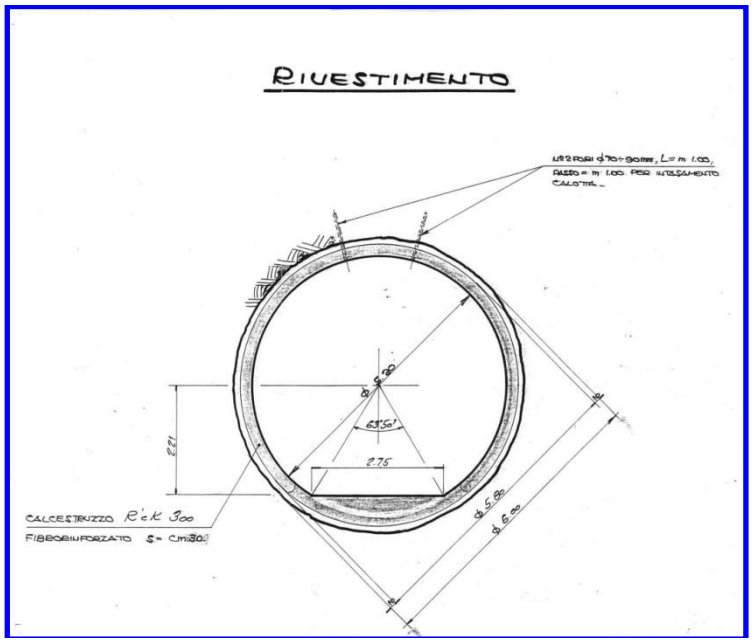


Figura 1-4 – Sezione tipo 2. Rivestimento definitivo. Fonte: Progetto Italstrade

In data 05 giugno 1992, il finanziamento del 1° stralcio si esaurì senza che fosse disponibile il finanziamento per il secondo. In data 17 giugno fu ordinata la sospensione dei lavori disponendo contestualmente la messa in sicurezza del cantiere e dell'opera. La progressiva di scavo della galleria a tale data era di m. 909,40. I lavori non ripreso più e la progressiva del fronte di scavo è rimasta ad oggi immutata. In data 18.09.1992 fu inoltrata una Perizia di Variante Tecnica senza aumento di spesa, approvata con Delibera della Giunta Comunale n° 1327 del 29.06.1995, che prevedeva sostanzialmente:

- esecuzione dei lavori procedendo solo dall'imbocco a mare anziché da entrambi gli imbocchi;
- una modifica nella distribuzione delle sezioni tipo in galleria. In particolare la sezione tipo 1, prevista inizialmente per 817 m, è stata ridotta a complessivi 90,33 m (tutti ubicati allo sbocco del deviatore). La sezione tipo 2, prevista per 2.612 m, porta il suo sviluppo a 3.362 m;

- lo sviluppo della galleria risulta lievemente incrementato per effetto di alcune modifiche planoaltimetriche necessarie ad aumentare la copertura laddove il tracciato interferisce con le galleria FF.SS., nonché per agevolare ed estendere l'impiego della sezione tipo 2, in zona prossima all'imbocco, allontanandosi dalle fondazioni degli edifici.

Con Delibera del Commissario Straordinario n° 1243 del 29.09.1993 venne revocata la Concessione per i lavori.

Sono stati emessi n° 2 SAL. Il primo per lavori al 05.06.1992. Il secondo per lavori eseguiti fra il 05.06.1992 ed il 17.06.1992 (data di sospensione lavori).

Dalla relazione del Direttore dei Lavori sul 2° SAL i lavori eseguiti risultano essere:

- scavo in galleria dalla pk 17.50 alla pk 107,83 (estensione 90,33 m) secondo la sezione tipo 1;
- scavo in galleria dalla pk 107,83 alla pk 909,40 (estensione 801,57 m) secondo la sezione tipo 2;
- opere di restituzione a mare e scogliera;
- in contabilità vengono inseriti il 50% dei 720 conci stoccati a piè d'opera in corrispondenza dell'imbocco lato mare della galleria. Non vengono invece inserite le opere non ultimate e ritenute non funzionali (berlinese di sostegno muro Via Ammarengo, pali di fondazione della rampa di accesso all'alveo).

1.2.3 I recenti sviluppi progettuali

La Regione Liguria, per la corretta pianificazione degli interventi di difesa e la gestione del territorio, ha predisposto, secondo quanto indicato nel D.P.R. del 18.7.1995 e quanto stabilito all'art. 8 della L. R. n° 9/93, il Piano di bacino del torrente Bisagno, che è stato approvato con delibera del Comitato Provinciale n° 62 del 4.12.2001.

Tra gli interventi strutturali più urgenti ed importanti da realizzare sull'asta principale del Bisagno per porre in sicurezza quelle aree urbane che oggi sono soggette ad allagamenti anche con eventi che hanno tempo di ritorno inferiore ai 200 anni, sono stati indicati quello relativo all'ampliamento della sezione idraulica ed al miglioramento delle condizioni di deflusso nel tratto terminale del Bisagno interessato dalla copertura, e quello che prevede la realizzazione di uno scolmatore delle piene a servizio del Bisagno, e dei rii minori Fereggiano, Rovare e Noce.

Per dar corso a questi due interventi, l'Amministrazione Comunale ha affidato al raggruppamento temporaneo di imprese NET Engineering (capogruppo mandataria) - AI Engineering - Hydrodata l'incarico della redazione del progetto preliminare, definitivo ed esecutivo del recupero funzionale della copertura del tratto terminale del torrente Bisagno con miglioramento delle condizioni di deflusso, del riordino urbanistico e viabilistico di aree limitrofe da Via Canevari al mare (zona A) e dell'ampliamento verso mare del piazzale J. F. Kennedy (zona B), mentre l'Amministrazione Provinciale ha affidato la progettazione del canale scolmatore di piena al Raggruppamento Binnie Black & Veatch (mandataria) - Geodata - D'Appolonia. Il progetto preliminare del nuovo scolmatore delle acque del torrente Bisagno è stato completato nel luglio 2000, ed è stato approvato dall'Amministrazione Appaltante con deliberazione della Giunta Provinciale n° 524/64358 del 4 ottobre 2000.

1.2.4 Il Progetto Preliminare dello scolmatore del Bisagno e rii minori (anno 2000)

La soluzione di progetto, presentata nel progetto preliminare, prevedeva la realizzazione delle seguenti opere:

- opera di presa principale sul torrente Bisagno ubicata immediatamente a valle della confluenza con il torrente Trensasco (affluente in sponda destra del torrente Bisagno) in corrispondenza dell'area della Sciorba;
- galleria di adduzione delle acque di piena, a sezione circolare con diametro pari a 9 m per il tratto compreso tra la presa sul Bisagno e l'inizio della galleria esistente (realizzata parzialmente per la diversione delle acque di piena del rio Fereggiano), ed a sezione variabile nel tratto a valle sino allo sbocco a mare ubicato in prossimità dello sbocco della galleria esistente;
- sette pozzi di de-areazione, ubicati orientativamente ogni 1,000 m, che si innestano sulla galleria di adduzione delle acque di piena in corrispondenza di altrettante piccole camere di de-areazione;
- tre ulteriori opere di presa, ubicate lungo il tracciato della galleria, necessarie per intercettare le acque del rio Fereggiano recuperando la funzionalità del Progetto ITALSTRADE 1989, del rio Rovare e del rio Noce;

- opera di scarico a mare da collocarsi nel tratto di costa a sud del Forte di S. Giuliano, nell'area nella quale era già stato ubicato lo sbocco del deviatore del Fereggiano parzialmente realizzato;
- opere minori ed accessorie necessarie per consentire la manutenzione delle opere di adduzione delle acque di piena, ed il rispetto delle condizioni di sicurezza.

La portata massima prevista in derivazione in concomitanza dell'evento di piena duecentennale è pari a 468 m^3/s. Tale valore corrisponde alla somma di quattro contributi: la portata di 417 m^3/s derivata dal Bisagno, la portata di 35 m^3/s derivata dal Fereggiano, la portata di 9 m^3/s derivata dal Rovare ed infine la portata di 7 m^3/s derivata dal Noce. Poiché la portata di piena duecentennale, in corrispondenza della sezione di imbocco del tratto finale coperto, è pari a circa 1.300 m^3/s, il progetto preliminare delle opere è stato basato sull'ipotesi che l'officiosità di tale tratto possa incrementarsi dal valore attuale pari a circa 500 m^3/s sino al valore di 850 m^3/s.

Era previsto un funzionamento in pressione della galleria di derivazione.

1.2.5 *Il Progetto Definitivo Generale dello scolmatore del Bisagno e rii minori (anno 2007)*

Nell'ottobre 2002 la Provincia di Genova ha bandito la gara per l'affidamento dei servizi di ingegneria comprendenti le seguenti attività:

- progettazione definitiva delle opere;
- allestimento di n. 5 modelli fisici (quattro opere di presa sui corsi d'acqua di interesse ed opera di sbocco a mare) ed esecuzione delle relative prove;
- esecuzione di una campagna di indagini geologico - geotecniche, con esecuzione di prove in foro, prelievo di campioni di materiale ed esecuzione di prove di laboratorio sui campioni prelevati;
- Studio di Impatto Ambientale delle opere previste in progetto;
- esecuzione di una campagna di indagini topografiche e di analisi dello stato di consistenza dei fabbricati potenzialmente interessati dalle opere in progetto.

Le offerte sono pervenute all'Ente Appaltante nel mese di marzo 2003, e nel mese di giugno successivo la gara è stata aggiudicata al Raggruppamento Temporaneo di Imprese TECHNITAL (capogruppo mandataria) - SOGREAH - STUDIO MAIONE INGEGNERI ASSOCIATI - SGI STUDIO GALLI INGEGNERIA.

Poiché la soluzione progettuale proposta dal Raggruppamento presentava alcuni aspetti che la differenziavano da quella delineata nel progetto preliminare, la Provincia di Genova ha ritenuto importante condurre degli approfondimenti, prima di procedere con l'affidamento delle attività di progettazione definitiva, circa il funzionamento idraulico dell'opera di presa sul torrente Bisagno e della galleria principale di adduzione delle acque di piena. A tale scopo ha quindi richiesto al Raggruppamento di redigere uno studio idraulico di approfondimento di tali tematiche, studio che è stato completato e consegnato nel mese di ottobre 2003.

Le risultanze di tale approfondimento sono state accuratamente esaminate dai tecnici della Provincia di Genova e dai loro consulenti, e sono state acquisite, unitamente al progetto preliminare posto a base di Gara, per l'avvio della fase di progettazione definitiva vera e propria, avvenuto nel mese di marzo 2004.

L'attività di progettazione, unitamente alle attività di studio ed affinamento delle soluzioni di progetto su modello fisico e delle attività di campo, è iniziata nel marzo 2004, e si è conclusa nel luglio 2006.

Il progetto è stato approvato nel 2007 ed è qui d'ora in poi indicato come Progetto Definitivo Generale 2007 (PD2007).

1.2.6 *La perizia Bellini/Tubino (2011)*

A seguito dell'evento 4 Novembre 2011, il Tribunale di Genova dispose la redazione di una perizia che, tra l'altro, valutasse l'entità delle portate che hanno interessato l'asta dei principali corsi d'acqua tra i quali il Bisagno ed il rio Fereggiano.

La perizia fu redatta nel Luglio 2012 dai consulenti Alfonso Bellini (nominato il 5 novembre 2011), Marco Tubino, Marco Masetti ed Annunziato Siviglia (nominati il 21 Novembre 2011).

Nel proseguo della presente relazione e più in generale nell'ambito del presente progetto, la perizia è indicata con il nome "Perizia Bellini/Tubino".

Gli esiti di tale perizia sono debitamente tenuti in conto nel presente progetto con particolare riferimento alla scelta delle portate idrauliche rispetto alle quali verificare il funzionamento delle opere. Tali portate sono descritte più avanti.

Si precisa fin d'ora che il riferimento ufficiale per la scelta delle portate di progetto rimane il Pano di Bacino ma è parso opportuno e doveroso verificare il funzionamento delle opere anche per le portate determinate dalla perizia Bellini/Tubino che, peraltro, non si discostano molto dalle portate millenarie considerate nel Progetto Italstrade del deviatore Fereggiano.

1.2.7 L'accordo Regione Liguria - Provincia di Genova - Comune di Genova (2013)

Nell'anno 2013, il Presidente della Regione Liguria, il Sindaco del Comune di Genova e il Commissario Straordinario della Provincia di Genova hanno siglato l'Atto integrativo del Protocollo d'intesa stipulato in data 05.10.1998 tra Regione Liguria, Provincia di Genova e Comune di Genova per la progettazione e realizzazione coordinata degli interventi strutturali volti alla mitigazione dell'emergenza idraulica del bacino del torrente Bisagno, alla ridefinizione urbanistica del tratto terminale ed alla riqualificazione ambientale dell'alveo e delle aree circostanti.

In base a tale Atto, si è stabilito che il Comune di Genova doveva procedere, in qualità di Stazione appaltante ed in piena autonomia decisionale nel rispetto dei dettami e dei limiti dettati dal citato Protocollo d'Intesa, alla progettazione e all'appalto dei lavori del 1° lotto del Canale scolmatore del Bisagno, lotto finalizzato alla captazione delle portate di morbida e di piena dei rivi Fereggiano, Noce e Rovare.

In base al predetto Atto integrativo, la Provincia ha autorizzato il Comune (limitatamente alle attività di cui al precedente comma) a subentrare nel contratto-disciplinare stipulato tra la Provincia stessa ed il Raggruppamento Temporaneo di progettisti.

Il suddetto Primo Lotto dello Scolmatore del Bisagno, in forza della soluzione progettuale individuata congiuntamente con Provincia e Regione tra quelle contenute nel documento denominato "Analisi comparativa di diverse soluzioni progettuali finalizzata alla realizzazione di un primo lotto funzionale, a servizio del Torrente Fereggiano" predisposto nel mese di aprile 2013 dallo Studio Maione Ingegneri Associati su incarico del Comune di Genova, in una prima valutazione, doveva comprendere le seguenti opere:

- Opere di sbocco a mare, previste dal progetto definitivo del 2007;
- Galleria principale tratto confluenza pozzo Fereggiano - sbocco a mare, con tracciato coincidente con quello del progetto definitivo 2007 ma sezione tipologica analoga a quella prevista per il solo Fereggiano (diametro interno di 5,00 metri);
- Opere di presa e gallerie minori "Fereggiano", "Rovare" e "Noce".

L'intervento in argomento era ed è previsto in un allegato al "Contratto di Valorizzazione Urbana della Val Bisagno" (Contratto inserito nel Piano Nazionale per le Città che ha cofinanziato l'intervento per 25 milioni di euro).

Il Primo Stralcio del Primo Lotto avrebbe dovuto, in prima istanza, comprendere le seguenti opere:

- Opere di sbocco a mare, previste dal progetto definitivo del 2007;
- Galleria principale tratto confluenza pozzo Fereggiano - sbocco a mare, con tracciato coincidente con quello del progetto definitivo 2007 ma sezione tipologica analoga a quella prevista per il solo Fereggiano (diametro interno di 5,00 metri);
- Opera di presa e galleria minore "Fereggiano".

Successivamente, il Comune di Genova, costituito un gruppo di lavoro composto da funzionari e tecnici delle amministrazioni interessate nonché da alcuni docenti dell'Università di Genova ha individuato nella soluzione cosiddetta "2", riportata nel citato studio condotto dal Studio Maione, ossia il prolungamento della galleria esistente del deviatore Fereggiano, quella su sui concentrare l'attenzione nello sviluppo del Primo Lotto degli interventi e del relativo Primo Stralcio.

In effetti, lo studio "Analisi comparativa di diverse soluzioni progettuali finalizzata alla realizzazione di un primo lotto funzionale, a servizio del Torrente Fereggiano" predisposto nel mese di aprile 2013 dallo Studio Maione Ingegneri Associati aveva messo in luce una sostanziale coincidenza nei costi delle soluzioni prospettate: la soluzione n. 3 che prevedeva di realizzare una galleria in asse a quella del Progetto Definitivo 2007 (ancorché di diametro temporaneamente più piccolo) e la soluzione 2 che invece prevedeva di allungare la galleria esistente Fereggiano.

Di seguito si illustrano le determinazioni del gruppo di lavoro del Comune di Genova.

1.2.8 Le determinazioni del gruppo di Lavoro costituito dal Comune di Genova

Il giorno 18 giugno 2013 si sono riuniti presso gli Uffici del DICCA dell'Università di Genova, in rappresentanza delle singole Istituzioni e su convocazione del rappresentante del Comune in attuazione di quanto richiesto dal Sindaco con note prot. n. 189465 del 10.06.2013 e prot. n. 193379 del 12.06.2013, i membri del gruppo di lavoro costituito dal Comune così composto: per il Comune di Genova: ing. Stefano Pinasco; per la Provincia di Genova: dr. Geol. Agostino Ramella; per la Regione Liguria: ing. Luca Berruti; per il DICCA - Università di Genova: prof. ing. Giovanni Seminara, prof. ing. Marco Colombini e prof. ing. Sandro Stura.

Nel corso della riunione, il Comune di Genova ha provveduto ad illustrare il documento denominato "Scolmatore del Torrente Bisagno in Comune di Genova - Progetto definitivo - Analisi comparativa di diverse soluzioni progettuali finalizzata alla realizzazione di un primo lotto funzionale, a servizio del torrente Fereggiano", documento redatto dallo Studio Maione Ingegneri Associati su incarico del Comune nell'ambito delle attività legate alla attuazione del Contratto di Valorizzazione Urbana sottoscritto in data 9 maggio 2013 tra MIT, Comune, Regione e Provincia.

Il Comune, in qualità di soggetto attuatore delle opere, ha illustrato i parametri e i vincoli individuati in base ai quali il Gruppo di lavoro avrebbe dovuto definire, in maniera condivisa, la soluzione tecnica da porre a base di gara e da realizzare in tempi brevi. Detti parametri e vincoli risultavano essere i seguenti:

- Garantire la piena conformità dell'intervento rispetto alle previsioni del Piano di Bacino del torrente Bisagno;
- Ridurre al minimo la necessità di richiedere nuove autorizzazioni ad integrazioni di quelle già ottenute dalla Provincia (Parere Consiglio Superiore dei LL.PP. e V.I.A.) sul progetto Definitivo Generale del 2007;
- Ridurre al minimo, nell'ipotesi di realizzazione delle opere di scolmo del torrente Bisagno in seconda fase, eventuali false spese;
- Prevedere, per quanto possibile, il reimpiego in via definitiva del tratto esistente della galleria scolmatrice del Fereggiano realizzata dal Comune negli anni '80 (progetto cosiddetto Italstrade);
- Ridurre per quanto possibile il costo complessivo del 1° lotto di lavori, e quindi la quota di indebitamento a carico del Comune, garantendo nel contempo anche la massima economicità dell'intervento nel suo insieme (1° e 2° lotto).

Per secondo lotto si intendevano tutte le opere non facenti parte del primo lotto concepito innanzitutto allo scopo di porre in sicurezza le aree interessate dal rio Fereggiano.

A seguito di una approfondita disamina delle varie soluzioni prospettate, il Gruppo di lavoro ha individuato, quale possibile soluzione ottimale tra quelle riportate nello studio redatto dallo Studio Maione, la Soluzione 2 con le seguenti principali precisazioni:

- utilizzare il prolungamento della ex galleria di servizio (secondo quanto previsto dal PD2007, da realizzarsi all'incirca secondo il tracciato di cui alla Soluzione 2) – ovvero il prolungamento della galleria esistente del vecchio deviatore Fereggiano - come opera definitiva per il convogliamento a mare delle portate di piena dei rivi Fereggiano, Rovare e Noce. Considerato che il transito della massima portata di progetto potrebbe avrebbe potuto determinare la messa in pressione di alcune sezioni della galleria, si è determinato che sarebbe stato necessario integrare il progetto prevedendo la realizzazione di idonei sfiati in corrispondenza della sovrastante viabilità pubblica;
- prevedere la realizzazione, in corrispondenza e subito a monte dell'impalcato di Corso Italia, dell'opera di raccordo tra la galleria già esistente e la galleria artificiale di sbocco a mare, prevedendo di utilizzare detta galleria artificiale sia come camera di smorzamento del moto ondoso sia come camera di dissipazione dell'energia della corrente di piena;

- prevedere la possibilità, in sede di esecuzione del 2° lotto di lavori (galleria scolmatrice delle sole portate di piena del Bisagno), di realizzare uno scarico a mare provvisorio, a cielo aperto ed in adiacenza alla galleria artificiale di sbocco, della galleria scolmatrice del Fereggiano, Rovare e Noce al fine di consentire l'insediamento in sicurezza del cantiere del 2° lotto senza alcuna interferenza operativa con il mantenimento in funzione della stessa galleria scolmatrice del Fereggiano;
- prevedere la realizzazione delle opere di presa sui rivi Fereggiano, Noce e Rovare così come riportate sul progetto definitivo della Provincia (PD2007), adeguando semplicemente i tratti terminali delle gallerie di raccordo al nuovo tracciato della galleria scolmatrice principale denominata galleria Fereggiano perché avente medesima funzione della galleria del progetto Italstrade;
- ridimensionare il diametro interno, con conseguente rideterminazione dei minori costi, della galleria scolmatrice delle sole portate di piena del Bisagno in funzione della minore portata che in essa dovrà transitare (solo Fereggiano, Rovare e Noce);
- aggiornare il piano di smaltimento e/o di riutilizzo delle terre e rocce di scavo a seguito della venuta meno della possibilità di conferire il materiale di risulta presso le aree di colmata portuali originariamente previste a progetto, garantendo comunque l'allontanamento via mare dal cantiere (almeno fino ad un eventuale punto di trasbordo su gomma in ambito portuale) di detto materiale stante l'insufficiente capacità della viabilità locale.

Il giorno 28 giugno 2013 si è nuovamente riunito presso gli Uffici del DICCA dell'Università di Genova, in rappresentanza delle singole Istituzioni e su convocazione del rappresentante del Comune in attuazione di quanto richiesto dal Sindaco con note prot. n. 189465 del 10.06.2013 e prot. n. 193379 del 12.06.2013, il gruppo di lavoro composto da: per il Comune di Genova: ing. Stefano Pinasco; per la Provincia di Genova: dr. Geol. Agostino Ramella; per la Regione Liguria: ing. Luca Berruti; per il DICCA - Università di Genova: prof. ing. Giovanni Seminara, prof. ing. Marco Colombini e prof. ing. Sandro Stura.

Erano presenti inoltre, su richiesta del Gruppo di lavoro, anche i rappresentanti del R.T. redattore del progetto definitivo dello scolmatore del torrente Bisagno.

Il rappresentante del Comune ha provveduto ad illustrare ai progettisti gli esiti della precedente riunione tenutasi in data 18 giugno 2013.

Il Comune di Genova ha illustrato a tutti i convenuti il cronoprogramma riportante le fasi del procedimento per l'appalto dei lavori alla luce anche degli esiti degli incontri tenutisi con i rappresentanti della Cassa Depositi e Prestiti, del Consiglio Superiore dei LL.PP. e del MIT.

In particolare, è emerso che:

- il progetto definitivo del 1° lotto di lavori doveva essere comunque sottoposto ad un riesame da parte del Consiglio Superiore dei LL.PP. in quanto presenta opere in variante (sia per la SOLUZIONE 2 che per la SOLUZIONE 3) rispetto al progetto approvato nel 2007;
- entro il 31.12.2013 il Comune deve perfezionare la procedura per l'attivazione del mutuo con CC.DD.PP. al fine di ottenere la piena copertura finanziaria del 1° lotto - 1° stralcio dei lavori in argomento;
- per poter perfezionare il mutuo entro la predetta data era necessario che il progetto definitivo del 1° lotto venisse approvato in Intesa Stato-Regione ed ottenesse il parere favorevole del Consiglio Superiore dei LL.PP. entro e non oltre la prima metà di novembre 2013;
- per ottenere ciò, il procedimento di Intesa Stato-Regione deve essere pertanto avviato entro la prima metà del mese di agosto 2013 ed entro la fine sempre di agosto 2013 il progetto definitivo del 1° lotto deve essere inviato al Consiglio Superiore dei LL.PP.; questo comporta la necessità di disporre del progetto definitivo del 1° lotto (sviluppato a livello di elaborati per il solo fine dell'Intesa) entro i primi giorni di agosto 2013, almeno per quanto attiene ai documenti progettuali strettamente necessari all'avvio della procedura di Intesa Stato-Regione.

Il Comune di Genova ha chiesto che venisse inserita specifica previsione nell'ambito della progettazione del 1° lotto di lavori di effettuare specifici sopralluoghi e controlli strumentali all'interno della galleria al fine di adottare tutti i provvedimenti necessari per garantire la piena sicurezza del manufatto sia in fase di cantiere sia in fase di esercizio.

Per quanto concerne l'eventuale funzionamento in pressione della galleria scolmatrice in occasione del transito della massima portata di progetto o portate superiori, i rappresentanti del DICCA, considerato che allo stato nessuna normativa vieta di prevedere il funzionamento in pressione delle gallerie scolmatrici così come confermato dai rappresentanti della Provincia e della Regione, hanno ritenuto tecnicamente pienamente accettabile e privo di contro indicazioni (ovviamente previa adozione di specifici accorgimenti tecnici) un siffatto comportamento idraulico a fronte del notevole vantaggio economico rappresentato dalla possibilità di impiegare un'opera pubblica attualmente inutilizzata (l'attuale galleria Fereggiano interrotta, nella sua costruzione alla progressiva 909).

Alla luce di quanto sopra evidenziato ed esperiti ulteriori approfondimenti tecnico-operativi, è stato definitivamente concordato che, rispetto alle varie ipotesi di intervento analizzate, la Soluzione 2 - da svilupparsi a livello di progettazione definitiva tenendo conto anche dei suggerimenti di seguito riportati, presenti il miglior rapporto costi/benefici:

- in particolare, verificare la possibilità di realizzare la galleria artificiale di scarico a mare per il solo tratto compreso tra il paramento di valle delle arcate di Corso Italia e lo sfocio a mare prevedendo nel contempo un allargamento delle sezioni trasversali di monte della galleria artificiale stessa in maniera tale da raccordarsi con le sezioni terminali a ferro di cavallo (opportunamente riprofilate mediante l'abbassamento della platea di fondo) della galleria esistente: in tal modo la galleria artificiale verrebbe utilizzata sia come camera di smorzamento del moto ondoso sia come camera di dissipazione dell'energia della corrente di piena; inoltre l'adozione di tale soluzione consentirebbe di limitare al massimo l'eliminazione delle attuali attività sportive insediate al di sotto delle arcate di Corso Italia;
- utilizzare il prolungamento dell'ex galleria di servizio (da realizzarsi secondo il tracciato di cui alla Soluzione 2 indicata nella analisi comparativa condotta dallo Studio Maione) come opera definitiva per il convogliamento a mare delle portate di piena dei rivi Fereggiano, Rovare e Noce. Considerato che il transito della massima portata di progetto potrebbe determinare la messa in pressione di alcune sezioni della galleria, sarà necessario integrare il progetto prevedendo la realizzazione di idonei sfiati in corrispondenza della sovrastante viabilità pubblica;
- prevedere la possibilità, in sede di esecuzione del 2° lotto di lavori (galleria scolmatrice delle sole portate di piena del Bisagno), di realizzare un camerone di attacco in sotterraneo in corrispondenza delle arcate di Corso Italia al fine di consentire l'insediamento in sicurezza del cantiere del 2° lotto senza alcuna interferenza operativa con il mantenimento in funzione della stessa galleria scolmatrice del Fereggiano;
- prevedere la realizzazione delle opere di presa sui rivi Fereggiano, Noce e Rovare così come riportate sul progetto definitivo della Provincia, adeguando semplicemente i tratti terminali delle tre gallerie di raccordo al nuovo tracciato della galleria scolmatrice del Fereggiano;
- ridimensionare il diametro interno, con conseguente rideterminazione dei minori costi, della galleria scolmatrice delle sole portate di piena del Bisagno in funzione della minore portata che in essa dovrà transitare;
- aggiornare il piano di smaltimento e/o di riutilizzo delle terre e rocce di scavo a seguito della venuta meno della possibilità di conferire il materiale di risulta presso le aree di colmata portuali originariamente previste a progetto, garantendo comunque l'allontanamento via mare dal cantiere (almeno fino ad un eventuale punto di trasbordo su gomma in ambito portuale) di detto materiale stante l'insufficiente capacità della viabilità locale. Valutare la possibilità di conferire il materiale di smarino presso la realizzanda piattaforma Maersk di Vado Ligure.

Il progetto Definitivo di Primo lotto è stato consegnato il 5 Agosto 2013. Il 28 Agosto è stato integrato degli elaborati economici.

Il Comune di Genova ha sottoposto il Progetto Definitivo di Primo Lotto all'esame di tutti gli enti ed i soggetti coinvolti, richiamati in Conferenza dei Ser vizi decisoria tenutasi presso il Provveditorato delle Opere Pubbliche della Liguria lo scorso 16 Novembre 2013.

2 INDAGINI, RILIEVI E RICERCHE

2.1 Inquadramento territoriale

Il progetto si sviluppa integralmente nel territorio urbano del Comune di Genova. Solo alcuni dei siti in cui saranno realizzati gli interventi di ripascimento degli arenili sono situati nel comune di Arenzano.

L'opera di presa è situata in corrispondenza dell'alveo del T.Bisagno all'altezza di Ponte Gallo, mentre l'area di cantiere, dalla quale si accede alla galleria di servizio è situata sempre su Via Adamoli in corrispondenza dell'area attualmente occupata dall'Ex Canile Municipale.

2.2 Riepilogo degli strumenti urbanistici vigenti

Le opere in progetto ricadono nei territori comunali di Genova e Arenzano (solo ripascimenti), di cui si riportano nel seguito i riferimenti urbanistici.

Le analisi effettuate hanno dimostrato la conformità urbanistica degli interventi in progetto.

2.2.1 Piano Urbanistico Comunale di Genova

Il Piano Urbanistico Comunale (in seguito PUC), approvato con D.D. 2015/118.0.0./18 del 27/11/2015, disciplina le attività di trasformazione urbanistica dell'intero territorio comunale con l'esclusione delle aree disciplinate dal Piano Regolatore del Porto di Genova.

La struttura del Piano è organizzata in tre livelli aventi differenti gradi di efficacia:

- **Livello 1 Territoriale di Area Vasta,** i cui contenuti di inquadramento della città nel sistema infrastrutturale di collegamento con l'Europa hanno efficacia propositiva e di indirizzo per la progettazione delle trasformazioni territoriali ed infrastrutturali**;**
- **Livello 2 Urbano di Città** rappresenta l'analisi dei sistemi infrastrutturali e di servizio alla struttura insediativa, produttiva e dei servizi urbani, avente efficacia direttiva suscettibile di modificazioni ed integrazioni in ragione dello sviluppo delle diverse componenti e dell'attuazione delle previsioni di trasformazione del territorio;
- **Livello 3 Locale di Municipio** i cui contenuti disciplinano gli interventi sul territorio sotto il profilo urbanistico-edilizio, idrogeologico, paesaggistico e ambientale, avente efficacia prescrittiva non suscettibile di applicazione diversa da quella indicata.

Ai fini dell'inquadramento delle opere in progetto si è fatto riferimento al **Livello 3 Locale di Municipio** che comprende le zonizzazioni di seguito elencate:

- **Assetto urbanistico:** delimitazione di Ambiti di Conservazione e di Riqualificazione, distretti di Trasformazione, rete delle infrastrutture per la mobilità urbana e locale, localizzazione dei servizi di scala locale, gli assetti infrastrutturali appartenenti ai Livelli 1 e 2 con i relativi gradi di efficacia delle previsioni;
- **Vincoli geomorfologici e idraulici**: delimitazione di aree soggette a specifiche limitazioni dell'attività edilizia per la presenza di dissesti idrogeologici;
- **Zonizzazione geologica del territorio**: delimitazione dei diversi gradi di suscettività d'uso del territorio;
- **Sistema dei Servizi pubblici SIS-S**: localizzazione di tutti i servizi pubblici di interesse generale e locale, suddivisi nelle categorie: istruzione, interesse comune, verde pubblico, gioco e sport, spazi pubblici attrezzati, parcheggi pubblici;

- **Livello paesaggistico puntuale del P.U.C**.: individuazione degli elementi territoriali aventi rilevanza agli effetti della tutela paesaggistica e la relativa disciplina (efficacia prescrittiva);

Ambito di Conservazione del Centro Storico Urbano AC-CS: indicazione delle categorie degli edifici, comprensive degli elementi e caratteri storici significativi che li qualificano (efficacia di direttiva), e la perimetrazione delle aree inidonee alla realizzazione di nuovi parcheggi (efficacia prescrittiva).

2.2.2 Piano Urbanistico Comunale di Arenzano

Il Piano Urbanistico Comunale di Arenzano (di seguito PUC) è stato approvato con Deliberazione della Giunta Regionale n. 754 del 20/09/2017, con contestuale approvazione di varianti al PTCP.

Il PUC disciplina le attività di trasformazione fisica e funzionale, di rilevanza urbanistica ed edilizia, nel territorio comunale.

Il territorio comunale è suddiviso in ambiti di conservazione/riqualificazione e distretti di trasformazione, in ambiti territoriali destinati al presidio ambientale ovvero non insediabili, nonché in aree di produzione agricola.

Nel Comune di Arenzano ricadono esclusivamente i siti di ripascimento delle spiagge. Ai fini del loro inquadramento nella pianificazione comunale sono stati esaminati i seguenti atti normativi:

- Norme generali di attuazione (aggiornamento febbraio 2018);
- Norme di livello puntuale di P.T.C.P. (aggiornamento febbraio 2018);
- Norme geologiche di attuazione (aggiornamento marzo 2017);
- Norme di conformità-regole di congruenza: ambiti e distretti (aggiornamento febbraio 2018);
- elaborati grafici di indirizzo pianificatorio-normativo.

Le norme del PUC hanno valenza subordinata in relazione alla pianificazione di bacino e, pertanto, la realizzazione di qualunque intervento è soggetta alla conformità rispetto alla normativa del Piano di Bacino.

2.3 Rilievi topografici

In linea generale, il rilievo eseguito nei mesi di agosto e settembre 2017, costituisce un aggiornamento del rilievo topografico di base effettuato nel 2004 dalla ditta Stegeo di Genova, a supporto della progettazione definitiva dello Scolmatore del Bisagno.

In particolare per le opere in alveo si è optato per il rifacimento completo del rilievo in alveo e dei muri di sponda in quanto nell'ultimo decennio sono state introdotte modifiche lungo i muri di sponda ed il fondo alveo ha subito negli ultimi anni alcune modificazioni determinate da eventi di piena di particolare importanza con fenomeni erosivi e di trasporto solido che hanno interessato il tratto di Bisagno in esame.

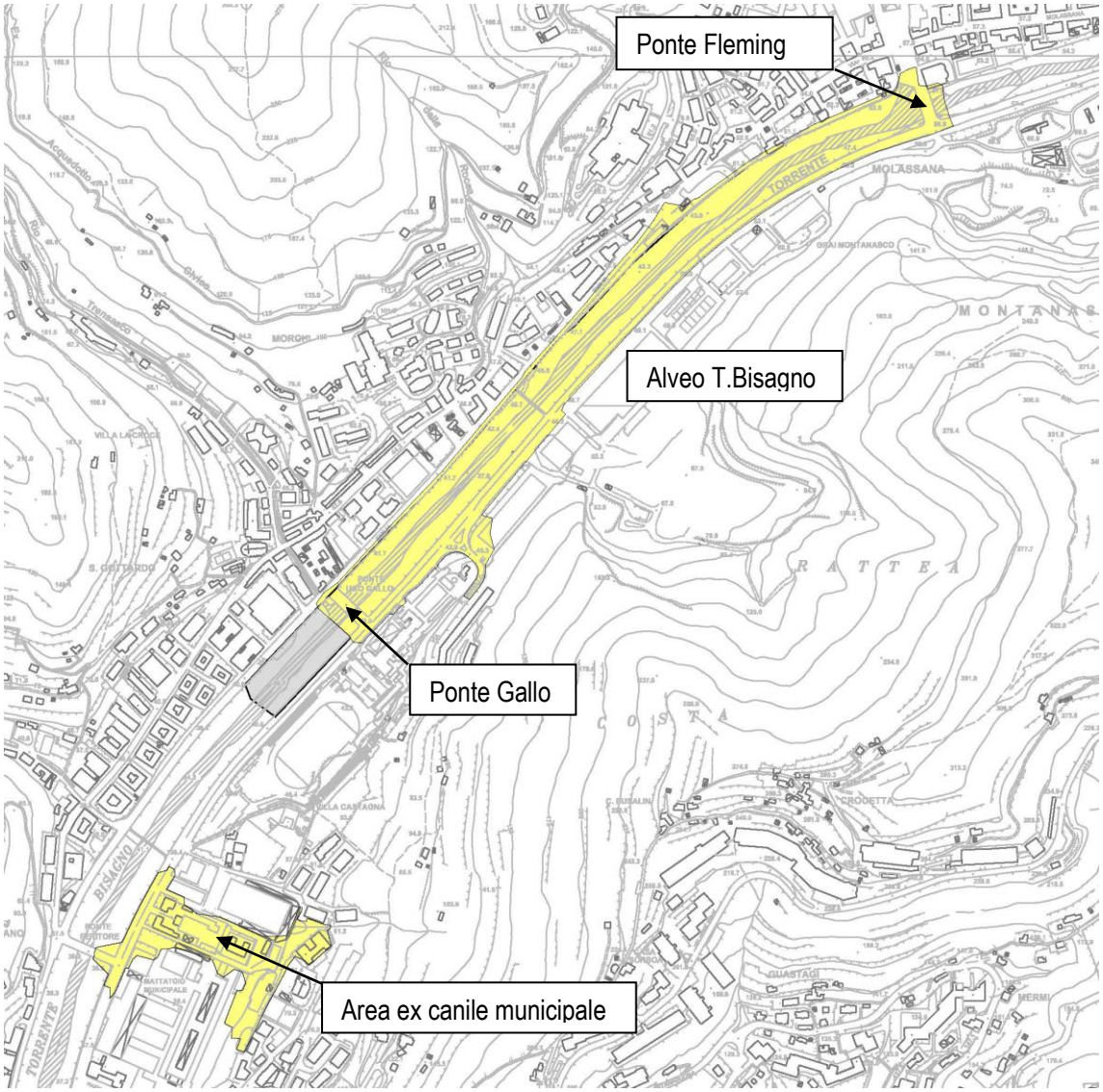


Figura 2-1 – Aree di rilievo topografico 2017 (giallo).

Come evidenziato nella figura soprastante, il rilievo topografico dell'area ha interessato il tratto di Bisagno compreso tra il ponte Fleming a monte ed il ponte Gallo a valle e la porzione di territorio in sponda sinistra corrispondente all'area ex canile municipale.

L'alveo del corso d'acqua si sviluppa all'interno del tessuto abitativo, caratterizzato da sponde in muri in c.a. e da una debole pendenza di fondo alveo costituito da ciottoli di piccola media pezzatura e sabbie; entrambe le sponde del torrente sono affiancate da strade di pubblico passaggio di primaria importanza e relativi

La prima area indagata è interessata dalla realizzazione dell'opera di sbarramento, opera di presa e imbocco galleria scolmatrice, mentre la seconda è interessata dalla realizzazione dell'area di cantiere e dall'imbocco della galleria di servizio.

In giallo le aree interessate dalle indagini topografiche di nuova realizzazione ad integrazione del rilievo 2004; in grigio il residuo di rilievo di vecchia realizzazione.

2.3.1 *Rete di inquadramento*

In una prima fase, con l'ausilio della strumentazione GPS si è provveduto a rilevare la rete di inquadramento esistente istituita e materializzata dalla società Stegeo in fase di esecuzione del rilievo originale.

Si precisa che l'attività di rilievo dei capisaldi esistenti ha consentito di fatto una verifica ulteriore della coerenza dei dati riportati nelle monografie certificandone la validità; nello specifico i capisaldi utilizzati per il collegamento sono i punti identificati con le sigle G7, G8 e G9 (allegate alla specifica relazione di progetto).

Per la successiva fase di restituzione grafica dei rilievo, il sistema di rappresentazione grafica adottato (derivato dalla rete di inquadramento originale Stegeo), è in coordinate rettilinee locali con quota ortometrica assoluta.

2.3.2 *Rilievi a terra*

La rete di appoggio utilizzata si sviluppa lungo l'asse del rilievo delle aree interessate dal nostro rilievo; con l'ausilio delle antenne GPS si è quindi proceduto a rilevare tutte le aree caratterizzate dalla copertura satellitare, mentre per le aree prive di segnale satellitare, si è proceduto, tramite l'aggancio a capisaldi di raffittimento appositamente istituiti, ad integrare il rilievo con l'ausilio delle stazioni totali robotizzate.

Le sezioni trasversali d'alveo previste nel piano d'indagine, finalizzate all'analisi idraulica del tratto di corso d'acqua, sono state georeferenziate sui supporti cartacei di progetto e successivamente tracciate e rilevate direttamente in sito.

I rilievi dei prospetti dei ponti e dei vari manufatti sono stati eseguiti con stazioni totali dotate di misura laser senza prisma, opportunamente collegate ai punti fissi precedentemente istituiti.

2.3.3 *Elaborati di restituzione*

La restituzione è stata realizzata in fasi successive al fine di poter redigere tutti gli elaborati richiesti dal programma di indagine.

In particolare, vista la presenza di elementi a sbalzo sui muri di sponda esistente, si è preferito restituire sia le planimetrie di rilevo dell'alveo che individuano la base dei muri di sponda esistenti, sia le planimetrie generali a livello stradale.

Inoltre, pur disponendo del rilievo in 3D integrale, inoltre restituite le sezioni trasversali d'alveo, appositamente batture per le verifiche idrauliche, ed i prospetti dei ponti stradali esistenti.

2.4 Acustica

La qualità acustica dell'ambiente in cui viviamo, riveste un ruolo di primaria importanza nella sua fruibilità e sul nostro benessere.

Il cantiere Costituisce un coacervo di rumori di ogni genere e di elevata intensità, tuttavia per la loro transitorietà, le normative che ne disciplinano l'attività sono piuttosto elastiche in relazione alla limitata durata nel tempo degli stessi.

Le principali sorgenti interferenti sono le infrastrutture di trasporto e i ricettori più esposti spesso si trovano all'interno delle rispettive fasce di pertinenza, cosicché la loro rumorosità non va aggiunta a quella del cantiere per verificare il rispetto dei limiti di zona (vedi D.P.C.M. 14/11/97 art 3 comma 2 e 3).

Quindi in presenza di altre sorgenti il monitoraggio dovrà essere eseguito in modo da garantire la determinazione della immissione sonora del solo cantiere "UNI 10855 del dicembre 1999 – "Misura e valutazione del contributo acustico di singole sorgenti".

La valutazione di compatibilità ambientale si baserà sulla valutazione dell'attuale clima acustico e previsionale di impatto acustico come richiesto dall'art. 8 della legge Quadro sull'inquinamento acustico n.447 del 26/10/1995 e della legge regionale n. 534 del 28 maggio 1999 "Criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico e della documentazione previsionale di clima acustico ai sensi dell'art. 2, comma 2, della l.r. 20.3.1998, n. 12".

Per la caratterizzazione del clima acustico nelle aree interessate dall'intervento, è stata condotta, nel mese di ottobre 2017 una apposita campagna di monitoraggio.

I punti di misura sono stati scelti in corrispondenza dei recettori maggiormente esposti alle possibili emissioni sonore provenienti dai cantieri per la realizzazione dell'opera oggetto di indagine.

La valutazione dell'impatto acustico è stata effettuata mediante il software di simulazione numerica CadnaA versione 2017, prodotto della ditta tedesca DataKustik e commercializzato in Italia da AESSE Misure s.r.l. di Trezzano sul Naviglio (MI).

Durante l'esecuzione dei lavori, l'impresa esecutrice, sarà tenuta a redigerà un piano di monitoraggio dei rumori e delle vibrazioni da sottoporre alla direzione dei lavori.

Il monitoraggio è finalizzato alla verifica dell'impatto delle fasi operative sui recettori prossimi al cantiere e all'adozione di azioni correttive piuttosto che ad una semplice funzione informativa.

Le misure del **rumore** dovranno essere eseguite con fonometro mediatore integratore e analizzatore di spettro conforme alla Classe 1 di precisione, calibrato con calibratore di Classe 1, in accordo con le specifiche imposte dal D.M. 16 marzo 1998.

Le misure di **vibrazioni** dovranno essere eseguite tramite utilizzo di appositi accelerometri, con relativi acquisitori e analizzatori, in grado di registrare l'accelerazione lungo le 3 direzioni X,Y,Z e di integrare direttamente il segnale in fase di acquisizione in termini di velocità. Il monitoraggio vibrazioni deve essere orientato alla valutazione delle vibrazioni all'interno degli edifici in funzione del disturbo ai residenti e del possibile danno all'edificio.

Le misure dovranno essere effettuate e sottoscritte, ai sensi dell'art. 2, comma 6 della L. n. 447/95, da un Tecnico Competente in Acustica Ambientale.

Il report dei dati dovrà essere consegnato, alla direzione dei lavori, dopo un massimo 4-5 giorni dall'esecuzione delle misure.

2.5 Atmosfera

La Liguria è generalmente caratterizzata da un clima mediterraneo, che risente tuttavia della morfologia accidentata e delle peculiarità del territorio (per gran parte montuoso, con una dorsale che si sviluppa tra il confine francese e quello toscano, ma aperto ad arco verso Sud su un mare decisamente caldo in rapporto alla sua latitudine relativamente elevata.

Al territorio costiero di Genova si può attribuire secondo la classificazione di Koppen una condizione generale di clima temperato caldo mediterraneo (Csa), anche se sono presenti differenziazioni locali legate alla maggioro o minore esposizione alle correnti settentrionali provenienti dai valichi appenninici alle spalle della costa (valichi di altezza relativamente modesta).

Per la caratterizzazione del clima dell'area in esame sono stati utilizzati alcuni dati climatologici di lungo periodo (precipitazioni e temperature relative al periodo 1961-2010) e le serie storiche dei principali parametri meteorologici legati alla dispersione in atmosfera delle sostanze inquinanti per anni più recenti (anni 2013, 2014 e 2015).

Per lo stato di fatto, dal punto di vista della qualità dell'aria, che caratterizza il sito in oggetto si è fatto riferimento alla pubblicazione Valutazione annuale della Qualità dell'Aria - Anno di monitoraggio 2015, a cura di Regione Liguria e ARPAL, dalla quale è emerso, quanto segue

In sintesi si può affermare non si riscontrano allo stato attuale situazioni di criticità per le aree oggetto di studio che ricadono nella zona classificata come IT0714 - Costa con alta pressione antropica (aree interessate dall'attività solo per interventi di ripascimento costiero).

Viceversa per la zona IT0711 Agglomerato Genova si riscontrano allo stato attuale situazioni critiche puntuali per il particolato PM10 (un superamento del limite per la media giornaliera in una stazione di monitoraggio urbana da traffico) e situazioni critiche diffuse per il biossido di azoto NO2 (superamento diffuso del valore limite per la media annuale).

2.6 Indagini geognostiche

2.6.1 Note introduttive

Le indagini geognostiche hanno visto l'esecuzione di 5 verticali eseguite mediante carotaggio continuo, finalizzate a investigare i settori interessati dalle principali opere e le situazioni ritenute più critiche. Un sondaggio è stato eseguito nell'area del ex canile, in corrispondenza del fronte di futuro attacco degli scavi della finestra; un secondo in corrispondenza dell'area a verde dell'impianto sportivo della Sciorba, dove verrà eseguito l'ultimo tratto, a bassi ricoprimenti, della galleria Scolmatrice nel punto di raccordo con l'opera di presa. Due sondaggi sono stati eseguiti nell'alveo, ad inquadramento delle stratigrafie presenti in corrispondenza delle opere di presa e sbarramento; infine un sondaggio è stato eseguito in corrispondenza del Rio Mermi, nel tratto in cui la galleria Scolmatrice attraversa le argilliti del Montoggio. Si evidenzia che lungo il tracciato della galleria ed in corrispondenza delle opere di sbocco a mare erano già presenti informazioni puntuali derivate dalle precedenti campagne di indagini ed in particolare eseguite durante la predisposizione del Progetto esecutivo dello scolmatore del Fereggiano. Sono stati inoltre esaminati i rilievi geomeccanici eseguiti durante lo scavo in corso di quest'ultimo.

All'interno delle verticali investigative sono state eseguite prove in foro per la caratterizzazione degli ammassi, come pure sono stati prelevati campioni per l'esecuzione di prove di laboratorio. Sono stati infine eseguiti stendi menti sismici per una ricostruzione più estesa delle stratigrafie, con particolare riguardo agli spessori dei riporti e dei depositi superficiali ed all'individuazione delle profondità del substrato roccioso.

2.6.2 Scopi della campagna indagine integrativa

In fase di pianificazione delle attività finalizzate alla redazione del Progetto Esecutivo, si è ritenuto necessario programmare una indagine geognostica integrativa che si è posta i seguenti obiettivi:

- Affinare la ricostruzione litologico-stratigrafica in corrispondenza dell'area delle opere di monte
- Indagare l'area in corrispondenza dell'imbocco della finestra di servizio (area ex-canile comunale)
- Indagare l'area in corrispondenza del camerone di innesto della finestra di servizio nella galleria scolmatrice
- Affinare la ricostruzione in corrispondenza dell'attraversamento delle argilliti di Montoggio.

2.6.3 Articolazione della campagna indagini

Sono state programmate le seguenti indagini:

- N. 5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (serie SEB…)
- Sismica a riflessione
- Sismica a riflessione
- Prove sismiche cross-hole in foro nell'area Sciorba

- Installazione di un nuovo piezometro in corrispondenza dell'area Sciorba
- Prove in foro di sondaggio per la valutazione delle caratteristiche di permeabilità e deformabilità dei terreni interessati dagli scavi
- Prove geomeccaniche di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche di resistenza, deformabilità e fresabilità dei terreni coinvolti negli scavi.

Il piano delle indagini è illustrato in modo dettagliato negli elaborati grafici, Planimetria ubicazione indagini e nella relazione illustrativa indagini.

Si ricorda infine che le indagini sono ancora in corso.

2.7 Indagini ambientali

L'attività di caratterizzazione dei materiali di scavo è normata dal T.U. Ambiente così come aggiornato dal DPR 13 giugno 2017, n. 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164" (G.U. n. 183 del 7 agosto 2017).

La norma prevede in particolare che la caratterizzazione ambientale debba essere svolta per accertare la sussistenza dei requisiti di qualità ambientale delle terre e rocce da scavo deve essere inserita nella progettazione dell'opera; deve inoltre essere eseguita preferibilmente mediante scavi esplorativi (pozzetti o trincee) e, in subordine, con sondaggi a carotaggio. Il numero di punti d'indagine non può essere inferiore a tre e, in base alle dimensioni dell'area d'intervento, è aumentato secondo i criteri minimi predefiniti.

Le indagini eseguite hanno riguardato:

- i terreni antropici di riporto presenti nell'area dell'ex Canile;
- le matrici ambientali dell'area ex Canile
- I sedimenti dell'alveo del Bisagno nel tratto in cui esso è interessato dalle opere;
- I materiali di scavo della galleria;
- Le acque di falda.

I risultati delle indagini, riportate nell'elaborato relativo alla caratterizzazione ambientale, descrivono un quadro piuttosto articolato.

I materiali antropici di riporto presenti nell'area ex canile non potranno essere reimpiegati come sottoprodotti e saranno pertanto da smaltire in regime di rifiuto speciale non pericoloso. Le matrici ambientali in posto risultano conformi ai requisiti per il reimpiego come sottoprodotti . I sedimenti di alveo sono risultati conformi ai valori di concentrazione indicati nella colonna B Tab1 All.5 alla parte IV del D.Lgs. 152/06, ma non conformi ai requisiti per il riutilizzo come materiali per il ripascimento di spiagge.

I materiali di scavo della galleria sono risultati conformi ai valori di concentrazione indicati nella colonna A Tab1 All.5 alla parte IV del D.Lgs. 152/06 e pertanto risultano reimpiegabili come sottoprodotti.

Le acque di falda prelevate in corrispondenza del piezometro realizzato all'interno del complesso sportivo Sciorba pur non rappresentando appieno le caratteristiche della falda freatica (poichè il piezometro risulta realizzato all'interno di sedimenti poco permeabili in cui non avviene un sufficiente flusso di falda) non risultano conformi ai valori di concentrazione indicati nella Tab. 2 All.5 alla parte IV del D.Lgs. 152/06.

2.8 Rilievi batimetrici

Allo scopo della migliore caratterizzazione geometrica delle aree di ripascimento, con particolare riferimento alla componente batimetrica, è stata condotta, nell'ambito del presente progetto esecutivo, una campagna di rilievi morfobatimetrici ad elevato dettaglio e indagini topografiche 3D, rispettivamente mediante l'utilizzo dei sistemi MBES (Multibeam Echosounder) e LS (Laser Scanner).

Lo scopo del lavoro è stato quello di indagare sia la parte emersa che quella sommersa del tratto di costa in oggetto, mappando i fondali, le spiagge sommerse ed emerse, le falesie e le strutture presenti a terra.

Per il rilievo morfobatimetrico è stato utilizzato un sistema Multibeam, costituito da un dispositivo estremamente risolutivo ed adatto ai rilievi idrografici che consente di rilevare contemporaneamente profondità e natura di larghe porzioni di fondale marino.

Lo strumento emette simultaneamente più segnali acustici e riceve l'eco di ritorno di una fascia di fondale di ampiezza variabile in base alle caratteristiche dello strumento utilizzato, della profondità dell'area investigata e delle impostazioni durante l'acquisizione.

Data l'influenza dei parametri di temperatura, salinità e pressione sulla propagazione del suono in mare, prima del rilievo multibeam deve essere effettuata una profilatura verticale della velocità del suono attraverso la colonna d'acqua, oltre alla registrazione in continuo di quella a livello superficiale.

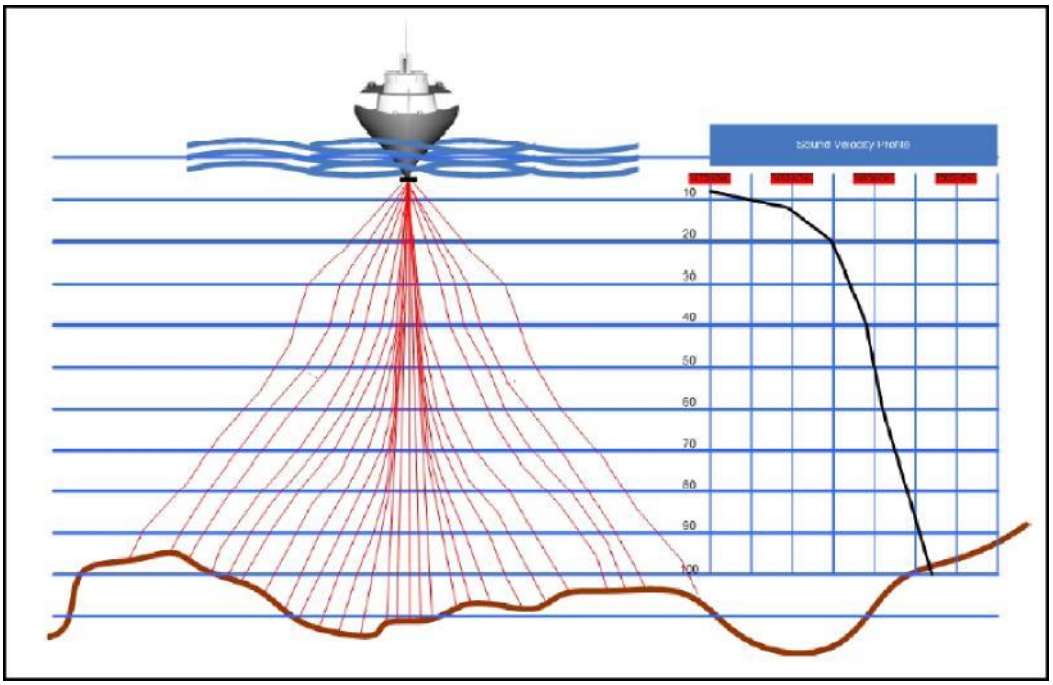


Figura 2-2 – Schema di funzionamento dell'ecoscandaglio multibeam e esempio di profilatura verticale della velocità del suono

Questi, uniti alle posizioni GPS (Global Positioning System) e a quelli provenienti dall'unità di compensazione del moto IMU (Inertial Measurement Unit), opportunamente corretti mediante misurazione degli offset delle stesse strumentazioni montate a bordo rispetto ad un punto comune di riferimento, sono i dati di input da inserire nel software di navigazione e acquisizione, il quale provvede alla creazione in tempo reale di un modello tridimensionale a copertura totale della porzione di fondale da indagare.

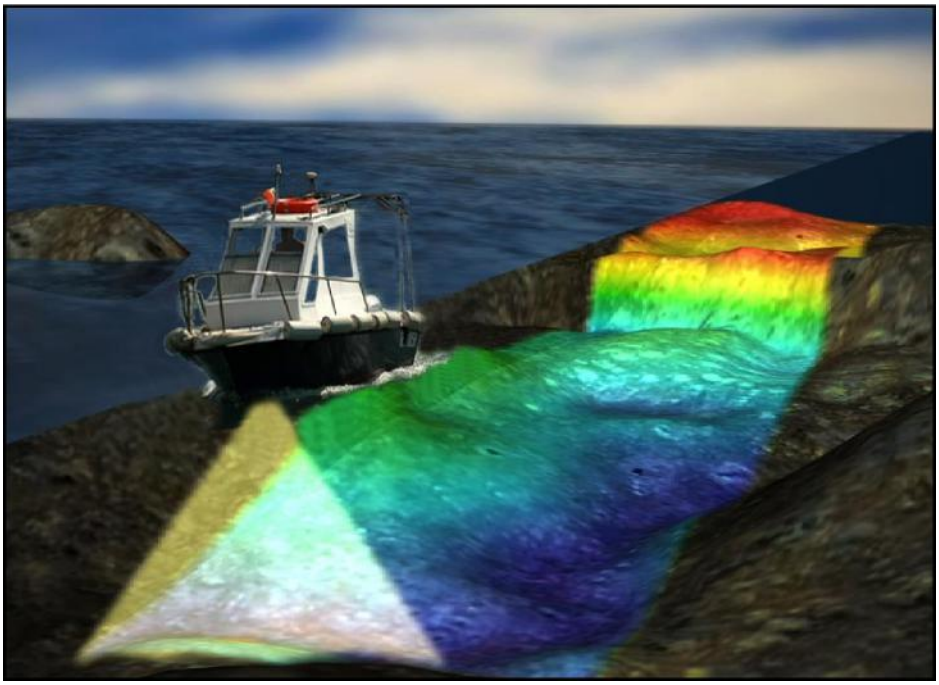


Figura 2-3 – Sistema multibeam: copertura totale dell'area indagata

Per l'esecuzione dei rilievi topografici di dettaglio è stato utilizzato un sistema Laser Scanner estremamente risolutivo ed adatto allo scopo richiesto. Lo strumento utilizzato è uno strumento a scansione distanziometrica che misura la distanza con la tecnica del tempo di volo, dotato di un generatore laser in classe 1 che sfruttando la lunghezza d'onda prossima all'infrarosso permette di rilevare aree anche in presenza di persone senza provocare danni all'apparato visivo. Gli strumenti che misurano il tempo di volo del raggio laser, invece della sua differenza di fase, permettono di avere un rapporto punti/sec molto maggiore e quindi acquisiscono un maggior numero di punti in minor tempo, anche se con una precisione leggermente inferiore.

Per il rilievo in oggetto il laser scanner è stato utilizzato in modalità dinamica da imbarcazione in modo tale da rilevare completamente il tratto di costa in oggetto, altrimenti irraggiungibile con stazioni statiche da terra.

I due rilievi sono stati eseguiti simultaneamente tramite il software di acquisizione PDS2000 in grado di gestire i dati in tempo reale di multibeam e laser scanner. Questa configurazione raggruppa letteralmente due rilievi in uno e permette di dimezzare i tempi di acquisizione: per il lavoro in oggetto sono state sufficienti due sole giornate per il rilievo batimetrico e topografico.

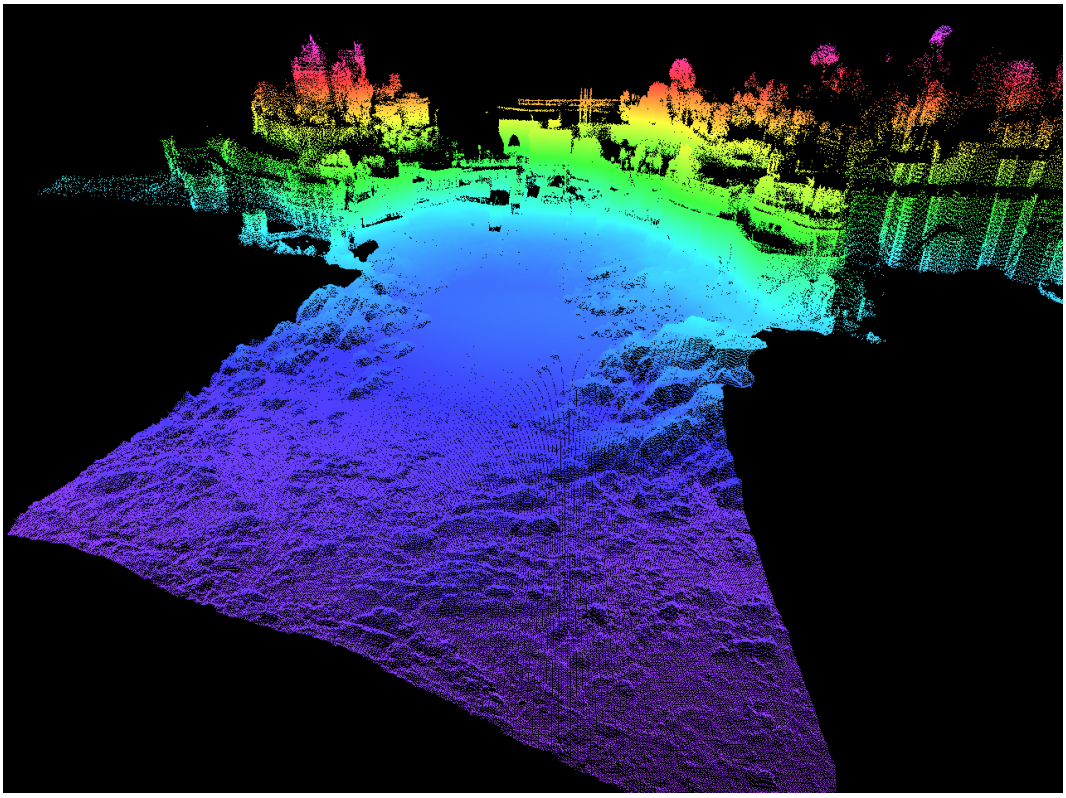


Figura 2-4 – Restituzione 3D della batimetria e della superficie emersa della spiaggia di Quarto Bolivar

I rilievi batimetrici sono stati condotti per le spiagge in cui è prevista la esecuzione di ripascimenti strutturali. I dati così ottenuti sono stati elaborati per la costruzione della geometria del fondale, mediante restituzione con isobate. I rilievi dello stato di fatto sono riportati nelle specifiche tavole grafiche allegate al presente progetto esecutivo.

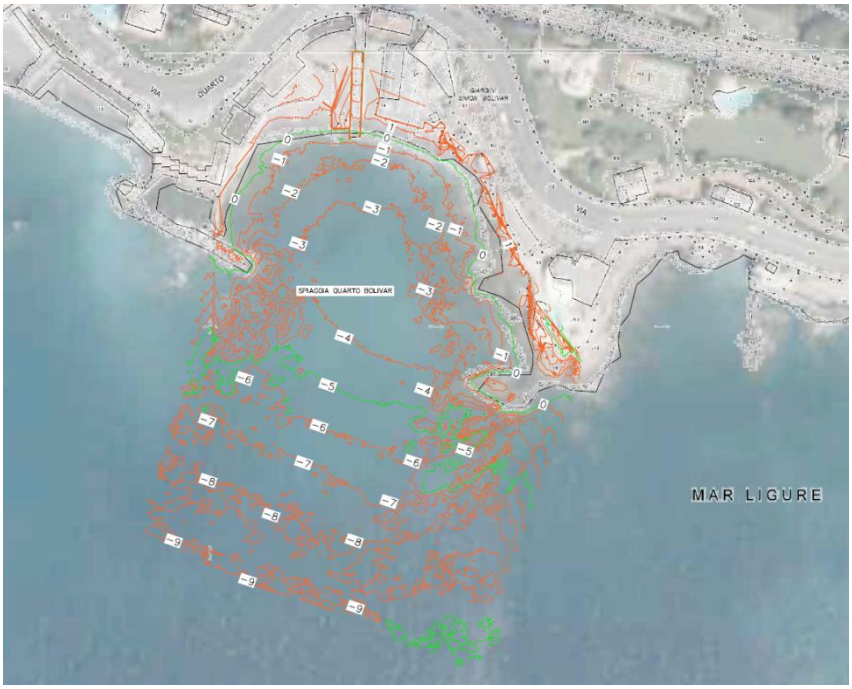


Figura 2-5 – Restituzione tramite isobate della batimetria e della superficie emersa della spiaggia di Quarto Bolivar

2.9 Verifica preventiva dell'interesse archeologico

L'affidamento della progettazione esecutiva per i futuri lavori del "2° LOTTO PER LA REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA SCOLMATRICE DEL TORRENTE BISAGNO" ha implicato la redazione di un documento per la "Verifica preventiva dell'interesse archeologico" per l'area oggetto dell'intervento, da parte di un soggetto abilitato e iscritto nell'elenco MIBACT (art. 95 D.Lgs. 163/2006).

La relazione è stata impostata dopo aver concordato con il funzionario della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Genova e le province di Imperia, La Spezia e Savona - Dottor Simon Luca Trigona, responsabile del territorio comunale genovese, le tematiche da approfondire, in funzione di un aggiornamento e ampliamento del precedente documento VPIA redatto nel 2014 sul 1° lotto delle opere, che parzialmente ricadeva sullo stesso territorio cittadino.

Questa fase della sistemazione idraulica del torrente Bisagno è stata preceduta dalla progettazione e dall'avvio dei lavori del "1° lotto per la realizzazione delle opere per la messa in sicurezza idraulica del torrente Fereggiano (e rivi Rovare e Noce)" - anni 2003-2015, che per buona parte condividono analogo itinerario per il tragitto delle galleria sotterranea e medesima zona per le opere di sbocco a mare, a sud di Corso Italia e del Forte di S. Giuliano. Le attività che invece risultano essere del tutto nuove in questo secondo lotto, riguardano le opere edili necessarie per realizzare l'imbocco a monte e i collegamenti con il primo tratto della galleria interrata; tali interventi saranno localizzati su un ampio aerale che si estende in sponda sinistra lungo l'alveo del torrente a nord del Ponte U. Gallo.

Per queste ragioni la relazione oltre ad aggiornare ed ampliare alcune tematiche già trattate nel 2014 dalla VPIA redatta per il 1° lotto (POCOBELLI, VANALI 2014), ha voluto approfondire in particolare l'indagine sulle conoscenze storico-archeologiche inerenti la porzione di territorio dell'area "imbocco", in cui le attività edili avranno un maggior impatto con il sottosuolo a quote interessate dall'attività antropica.

La presenza di rinvenimenti, databili dall'età preistorica a quella postmedievale, a distanza ravvicinata dai luoghi prescelti per la realizzazione del progetto, rendono l'areale oggetto dei futuri lavori interessante dal punto di vista storico-monumentale, ma, anche in funzione dell'analisi del tipo di interventi che lo interesserà, soggetto ad un rischio archeologico mediamente ridotto.

La VPIA ha sviluppato una revisione aggiornata delle informazioni ricavate dalla lettura della bibliografia edita, correlate ad una ricerca sui dati d'archivio e all'analisi dei dati ricavabili dalla conoscenza del territorio, inerenti la globalità del percorso dell'opera, dalla media Val Bisagno fino alla sbocco a mare, approfondendo con maggiore dettaglio lo stato delle conoscenze storico-archeologiche sul sito destinato alla realizzazione delle infrastrutture per l'imbocco della galleria scolmatrice, posto in prossimità dell'alveo del torrente.

Nella Relazione preliminare sono stati analizzati tutti i settori della ricerca indicati dalla normativa vigente relativa all'Archeologia preventiva (art. 95 D. Lgs. 163/2006).

In particolare, le indagini svolte si sono basate sulle seguenti attività:

1) analisi delle fonti archivistiche, del repertorio bibliografico, della cartografia storica e moderna, del repertorio fotografico (foto d'epoca e ortofoto);
2) controllo sul territorio in cui si svilupperanno le opere idrauliche relativamente alla porzione della media Val Bisagno: alveo del torrente; area rio Sciorba; zona opere di imbocco; area cantiere – ex Canile (Tavola 01).
3) Sopralluogo nel quartiere dello sbocco a mare – S. Giuliano.
4) valutazione del tipo di impatto fisico sul sottosuolo delle lavorazioni previste, coerentemente alle attività che intercetteranno i primi 10-15 m di spessore delle sequenze stratigrafiche in posto:

- scavo e sistemazione del fondo dell'alveo, dove ancora non si è intervenuto in passato;

- costruzione dell'opera di sfioro laterale addossata alla sponda sinistra del torrente e demolizione di un breve tratto dell'argine esistente per creare l'imbocco della galleria principale;
- realizzazione della traversa di sbarramento, previa demolizione dell'argine di sponda destra, per un lunghezza di 75 m;
- demolizione di alcuni edifici posti nella piana alluvionale adiacente al corso fluviale – sponda sinistra, coincidente con l'area dell'ex Canile municipale destinata ad essere il futuro cantiere e relativo ampliamento degli spazi.
- scavo nell'area dell'ex Canile municipale (asporto di ca 1-1,5 m di h), per creare una zona ribassata che darà accesso alla galleria di servizio (scavo in tradizionale) e scavo a cielo aperto per la vasca ed il canale di regimazione del rio Sciorba;
- scavo in tradizionale per realizzare la galleria di servizio ed il camerone.

5) Presa visione diretta dei carotaggi SEB1-2, SEB4 effettuati alla data del 31/10/2017 e osservazione delle fotografie relative al SEB 3.
6) Lettura dei dati allegati al PD 2007 relativi ai carotaggi effettuati in passato, sia nell'area di Via Adamoli che di S. Giuliano.

A conclusione dell'indagine svolta, si è cercato di sintetizzare lo studio eseguito, valutando gli aspetti tecnici delle future lavorazioni e l'incidenza di tali attività in relazione alla presenza o vicinanza di indicatori dell'occupazione antropica (Tavole 02-03).

Infine, il "rischio archeologico" è stato definito su tutta l'opera, dando maggiore risalto agli interventi che insisteranno sulle aree destinato alle opere d'imbocco e di sbocco a mare della galleria, utilizzando come supporto due documenti cartografici in cui sono stati posizionati i punti relativi alle evidenze storico-archeologiche, lo sviluppo del tracciato delle opere, e la definizione delle differenti aree/lavorazioni, suddivise a seconda del valore di rischio attribuito (da Basso ad Alto; Tavole 04-05).

3 STUDI AMBIENTALI (SIA)

Ai fini della procedura di Valutazione di Impatto ambientale (V.I.A.) del "Progetto esecutivo del 2° lotto dei lavori relativi alla realizzazione della galleria scolmatrice del torrente Bisagno in comune di Genova" è stato redatto lo Studio di Impatto Ambientale (S.I.A.) del progetto.

La struttura e i contenuti del documento sono definiti sulla base di quanto stabilito dall'Allegato VII "Contenuti dello Studio di Impatto Ambientale di cui all'articolo 22" della Parte seconda del D. Lgs. n. 152 del 2006 così come modificato dall'art. 22 del D. Lgs. n. 104 del 2017.

Il citato D.lgs. 104/2017, che si applica ai procedimenti di VIA avviati a partire dal 16 maggio 2017 (art. 23, comma 1), oltre ad apportare modifiche circa i tempi e i soggetti coinvolti nel procedimento di VIA, ridefinisce i contenuti dello Studio di Impatto Ambientale (SIA), delineando un nuovo approccio metodologico alle attività di analisi e valutazioni previste nell'ambito del SIA e stabilendo il superamento dell'articolazione del SIA nei tre quadri Progettuale, Pianificatorio e Ambientale, a seguito di abrogazione del D.P.C.M. 27 dicembre 1988 (art. 26, comma1, lettera b).

Sulla base di quanto stabilito dall'allegato VII alla parte seconda del D. Lgs. n. 152/2006, le principali novità recepite nell'ambito dello Studio, hanno riguardato:

- il progetto di monitoraggio dei potenziali impatti ambientali significativi e negativi derivanti dalla realizzazione e dall'esercizio del progetto, che include le responsabilità e le risorse necessarie per la realizzazione e la gestione del monitoraggio;

- la descrizione degli aspetti pertinenti dello stato attuale dell'ambiente (scenario di base) e una descrizione generale della sua probabile evoluzione in caso di mancata attuazione del progetto, nella misura in cui i cambiamenti naturali rispetto allo scenario di base possano essere valutati in funzione della disponibilità di informazioni ambientali e conoscenze scientifiche.

- la descrizione dei possibili impatti ambientali su popolazione e salute umana, biodiversità, territorio, suolo, acqua, aria e clima, beni materiali, patrimonio culturale, paesaggio sulla base degli obiettivi di protezione dell'ambiente stabiliti a livello di Unione o degli Stati membri e pertinenti al progetto.

- la descrizione dei metodi di previsione utilizzati per individuare e valutare gli impatti ambientali significativi del progetto, incluse informazioni dettagliate sulle difficoltà incontrate nel raccogliere i dati richiesti (quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, carenze tecniche o mancanza di conoscenze) nonché sulle principali incertezze riscontrate.

Nell'ambito dello Studio è stato inoltre effettuata l'analisi degli strumenti di pianificazione e di programmazione territoriale e settoriale di riferimento ai fini della verifica di coerenza e conformità del progetto con le disposizioni vigenti in materia vincolistica e di tutela ambientale.

L'analisi ha riguardato i seguenti strumenti di Piano:

- Piano Territoriale Regionale (PTR);
- Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (PTCP)
- Piano di bacino – Stralcio per l'assetto idrogeologico;
- Piani Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Genova;
- Piani Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Arenzano

L'analisi ha inoltre preso in considerazione i vincoli normati dalle seguenti leggi:

- Regio Decreto Legge n. 3267 del 30/12/1923 - Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani (vincolo idrogeologico);

- Direttiva Comunitaria "Uccelli" 49/409/CEE del 2 aprile 1979 - Conservazione degli uccelli selvatici (Zone di Protezione Speciale – ZPS);

- Legge n. 394 del 6 dicembre 1991 - Legge Quadro sulle Aree Protette;

- Direttiva Comunitaria "Habitat" 92/43/CEE del 21 maggio 1992 - Conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche (Siti di Importanza Comunitaria – SIC);

- Decreto Legislativo del Governo n. 42 del 22 gennaio 2004 – Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'art.10 della legge 6 luglio 2002, n.137.

4 GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

1.1. Assetto geologico regionale

Nel seguito si riporta un inquadramento geologico geomorfologico generale dell'area e quindi, nel dettaglio, la situazione geologico-morfologica locale.

Il settore interessato dalle opere a progetto è interamente compreso nel Foglio 213-230 Genova della Carta Geologica d'Italia, a scala 1:50.000. Questo settore della Liguria è caratterizzato da un substrato costituito dai Flysch Intrappenninici e dalla presenza, discontinua, di coperture, generalmente di ridotto spessore, rappresentate da depositi quaternari.

La storia geologica dell'area interessata dal tracciato può essere inserita nel contesto più generale della complessa storia evolutiva della Liguria. L'evento che maggiormente caratterizza il territorio in esame ha inizio con un movimento di divergenza dei blocchi cratonici di Europa ed Africa, che porta alla formazione dell'Oceano Ligure - Piemontese. Al termine della sua evoluzione, sviluppatasi nell'intero periodo Cretaceo, ha inizio l'Orogenesi Alpina durante la quale si verifica un riavvicinamento delle zolle continentali; queste collidono e si sovrappongono mentre una parte dei terreni generatisi durante la fase espansiva è subdotta.

La deposizione dell'Unità del Monte Antola (UMA), cui appartengono buona parte dei terreni rilevati nell'area in studio, avviene nel Cretaceo medio – superiore all'interno di una fossa circa subparallela al piano di subduzione ed in un bacino allungato in direzione circa E-W.

A seguire la deposizione (Fase 0, Marini 1981) inizia la prima fase di ripiegamento (fase alpina precoce) con carattere decisamente compressivo, vergenza verso S ed assi delle pieghe diretti verso E. Nel corso di questa fase vengono generati vasti piani di rottura (faglia inversa di Ellera – Magrania) ed accavallamenti di masse a diversa vergenza, le pieghe assumono scala chilometrica e l'UMA va in emersione. La fase tettonica successiva, concomitante con il parossismo principale alpino e responsabile dell'instaurarsi più ad oriente della zona a scaglie Sestri – Voltaggio, ha una direzione circa ortogonale alla prima e genera due famiglie di pieghe a scala chilometrica, accompagnate da pieghe minori cui corrispondono due sub-fasi con assi dapprima in direzione circa Est e poi Nord-Est. Ad esse è associata una scistosità di frattura molto evidente in particolare nelle argilliti, dove il clivaggio è la superficie più evidente in affioramento rispetto alla stratificazione.

Le linee di cerniera e le superfici assiali dei due sistemi di strutture sono, generalmente, perpendicolari tra loro, tranne che nelle zone dove la seconda fase riorienta gli elementi strutturali della prima fase. Uno schema tridimensionale dell'interferenza geometrica tra le due deformazioni plicative principali è rappresentato in Figura 7.1.

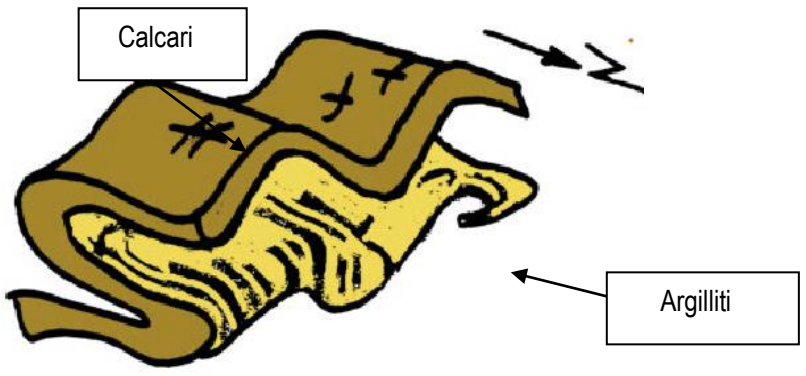


Figura 4-1 – Schema tridimensionale dell'interferenza geometrica tra le due deformazioni plicative principali relativa alla formazione del Flysch di M. Antola

Dall'analisi delle stereo proiezioni polari delle famiglie di discontinuità si osserva che, spesso, le giaciture dei due sistemi principali di fratture sono disperse in relazione alla sovraimposizione della Fase 2 sulla fase 1.

Le fasi plicative hanno comunque dato una risposta deformativa diversa in relazione ai materiali coinvolti; infatti gli orizzonti a comportamento duttile generano pieghe a diverso raggio mentre negli orizzonti rigidi possono crearsi diffuse fratturazioni secondo piani ortogonali alla stratificazione.

L'unità viene successivamente interessata da ulteriori fasi deformative in ambiente duttile e fragile. I piani di discontinuità sono in un primo momento paralleli alla costa (E-W) e successivamente normali alla stessa, contribuendo in tal modo ad impostare le direttrici dei principali corsi d'acqua.

La fase tettonica più recente ha generato due sistemi di faglie con direzione circa Est – Ovest che hanno interessato l'UMA lungo una striscia che corre tra la zona della Stazione di Porta Principe, a ponente, e il quartiere di Sturla a levante. Gli eventi dislocativi hanno abbassato una zolla del massiccio calcareo (struttura a graben). Nella fossa creatasi, delimitata da faglie e fianchi gradonati, si è inserito il mare che ne ha determinato il riempimento con sedimenti principalmente fini (argillo – limosi, Argille di Ortovero) in ragione della profondità di deposizione. Ai margini della fossa talvolta si riscontrano rifluimenti di natura argillosa che si sovrimpongono, generalmente per spessori modesti, al basamento calcareo.

Alla base della fossa si rileva la presenza di depositi grossolani che costituiscono il prodotto del progressivo disfacimento delle falesie calcaree che delimitavano la fossa stessa prima dell'inizio del colmamento. Ai margini della depressione si sono originate, nel corso dello "strappo" che ha portato all'approfondimento della fossa, fasce di cataclisiti e contesti dove la roccia ha subito processi di alterazione anche in profondità.

Nel quadro generale l'Appennino Settentrionale si colloca al raccordo con la catena alpina ed è tradizionalmente delimitato a NW dalla linea Sestri – Voltaggio e a Sud dalla linea Ancona – Anzio (Corsi, 2003). Le Unità che lo costituiscono sono riconducibili a quattro domini paleogeografici ben distinti: quello Ligure (oceanico e transizionale), Subligure, Toscano e Umbro – Marchigiano. Il dominio Ligure è suddivisibile in due sottodomini: Ligure Interno e Ligure Esterno.

1.2. Assetto geologico locale

L'area interessata dal tracciato dello scolmatore del Torrente Bisagno include la porzione inferiore e mediana della Val Bisagno, che scorre con direzione circa N-S, e parte dei bacini dei Rii Fereggiano, Rovare e Noce. Dal punto di vista geolitologico questo settore è caratterizzato dalla presenza delle tre seguenti Formazioni, distinte in ordine cronologico dalla più antica alla più recente:

- Argilliti di Montoggio – (Cenomaniano - Turoniano)
- Flysch di Monte Antola (Campaniano superiore, Maastrichtiano – Paleocene basale)
- Argille di Ortovero (Pliocene inferiore)

Le prime due Formazioni concorrono a formare l'Unità Tettonica di Monte Antola (UMA), che compete ad un'area di bacino di fondo oceanico sviluppatasi a partire dal Giurassico superiore fra i margini paleoeuropeo e adriatico, non interessata dal metamorfismo di alta pressione e colmata rapidamente nel corso delle fasi orogeniche iniziali dell'edificio strutturale nordappenninico.

L'UMA rappresenta una delle falde di impilamento tettonico a margine della linea Sestri-Voltaggio. Poggia tettonicamente sull'Unità del Flysch di Busalla e la base del sovrascorrimento è rappresentata dalle Argilliti di Montoggio che avrebbero funzionato da livello di scollamento e lubrificante tettonico.

Da segnalare la presenza, nella zona dell'ospedale di S. Martino, della formazione delle Argille di Ortovero, un deposito che rappresenta il colmamento di un basso strutturale (graben) del fondale marino pliocenico.

Nell'ambito dell'anfiteatro genovese il flysch di Monte Antola rappresenta la litologia arealmente predominante che determina la morfologia dei versanti. Le argilliti basali affiorano lungo i fianchi della media Val Bisagno, dove risultano più diffuse in sponda destra rispetto alla sinistra, mentre sono praticamente assenti nell'area cittadina se si eccettua una ristretta zona in Albaro. Le argille plioceniche, infine, sono presenti con buona continuità in una larga fascia che attraversa la città in direzione ponente –

levante.

Nel seguito si descrivono in dettaglio i depositi presenti lungo lo sviluppo delle opere, dal più antico al più recente ivi inclusi i termini di copertura

1.2.1. Le Argilliti di Montoggio

Le Argilliti di Montoggio sono argilliti manganesifere vari colori prevalentemente grigio scuro-nerastro, talvolta verde pallido o rosso-vinaccia, ad accentuata scistosità con sporadiche intercalazioni arenacee di spessore decimetrico. Sono depositi di ambiente emipelagico; poste alla base del Flysch di Monte Antola morfologicamente sono facilmente distinguibili per la brusca rottura di pendio che determinano. La struttura nel complesso si presenta fortemente scagliettata per effetto in special modo dell'intensa milonitizzazione alla quale il materiale è stato sottoposto; tali argilliti rappresentano infatti una superficie di scorrimento preferenziale per le principali dislocazioni tettoniche.

Il limite inferiore della formazione è rappresentato dal Flysch di Ronco e la natura del contatto, stratigrafico o tettonico, è ancora controversa. Lo spessore della formazione è normalmente modesto; nella zona di Montoggio è indicato in bibliografia, normalmente, nell'ordine di una trentina di metri. Valori localmente riscontrati e nell'ordine di 70 – 80 m sono imputabili a sovrapposizione tettonica.

Il grado di alterazione delle argilliti è sempre elevato; risultano fortemente aggredibili dagli agenti esogeni e, pertanto, scarsamente rappresentate in affioramento ammantate da una estesa copertura detritica. L'alterazione, causa l'elevato stato di fratturazione, può spingersi anche in profondità per effetto del regime di circolazione delle acque.

1.2.2. Il Flysch di Monte Antola

Il Flysch di M.te Antola, a Fucoidi ed Helmintoidi appartiene, nell'ambito del Dominio Piemontese Ligure, alle Liguri di Interne. E' costituito da una sequenza monotona di strati torbiditici accumulati in facies probabilmente distale lungo superfici di fondale inclinate ed instabili. La sequenza litologica tipo è costituita da alternanze eteropiche di calcari arenacei fini, calcari marnosi, marne calcaree, livelli di argilliti emipelagiche talora scistose e, più raramente, strati a base arenacea (Figura 7.2).

Lo spessore del Flysch di Monte Antola non dovrebbe superare, nel genovese, lo spessore di 200 m; nell'ambito della sua intera area di affioramento, fra il bordo padano dell'Appennino settentrionale ed il Mar Ligure, si ritiene che la sua potenza, causa accavallamenti tettonici, possa superare i 2000 m.

L'ordine di grandezza delle differenti litofacies in ambito cittadino vede una netta prevalenza della componente calcarea, calcareo marnosa o marnoso calcarea (70-80)%, limitati calcari arenacei (15%) ed argilliti complessivamente inferiori al 5% (Limoncelli e Marini, 1969 – Marini, 1981 e 2003).

I livelli calcarei e calcareo-marnosi si presentano in strati e banchi aventi spessori da sub-metrici a plurimetrici (spessore medio 1,0-1,50 m), generalmente compatti, da poco a mediamente fratturati esternamente alle zone di maggior disturbo tettonico. Gli interstrati argillitici hanno spessore decimetrico ed un elevato grado di alterazione. Lo spessore del Flysch non è conosciuto con precisione; causa accavallamenti tettonici si stima possa essere dell'ordine di 2.000 m o superiore. Stratigraficamente sia a grande che a piccola scala si hanno frequenti ed improvvise variazioni giaciturali per effetto sia di complessi fenomeni sinsedimentari (slumping) sia per le diverse deformazioni plicative subite dall'ammasso in fasi diverse.

E' stato accertato che il Flysch dell'Antola non è interessato da processi metamorfici oltre il campo della diagenesi.

La transizione alle sottostanti Argilliti di Montoggio è graduale e rappresentato da pochi metri di fitte intercalazioni di straterelli marnoso calcarei, argillitici ed arenacei.

Il Flysch di Monte Antola evidenzia una certa eterogeneità imputabile alla presenza di diverse litologie con comportamento ora rigido (calcari arenacei fini), ora mediamente rigido (calcari marnosi) ora duttile (marne ed argilliti), sia da una spiccata variabilità dello stato fessurativo della roccia.

Il grado di alterazione del materiale in banco dipende essenzialmente dalle condizioni di esposizione, dalla circolazione di acque di falda e dalla natura della facies interessate. Le bancate francamente calcaree sono, in genere, poco alterate già a livello di affioramento. Non è inconsueto riscontrare a modeste profondità livelli calcarei con roccia essenzialmente sana, anche se fratturata, avente resistenza medio –

elevata.

Differenti sono le caratteristiche medie dei livelli marnosi ed argillitici. I primi se superficiali o soggetti a circolazione di acqua di falda sono, in genere, molto alterati, suddivisi in scaglie oppure ad aspetto terroso e plastico pur con consistenza medio-alta. Se l'alterazione non ha ancora prodotto il disfacimento totale si può avere uno stato di conservazione intermedio con roccia tenera o debole.

Situazione analoga si riscontra nei livelli argillitici, quasi sempre scistosi, le cui caratteristiche di resistenza decadono rapidamente al crescere del grado di alterazione che può interessare livelli anche relativamente profondi (fino a molte decine di metri).

Le intercalazioni marnose e argillose alterate costituiscono, in caso di giacitura sfavorevole, i piani di debolezza preferenziali lungo i quali possono instaurarsi fenomeni di instabilità. Tale contesto, unitamente ad un certo grado di frammentazione della massa rocciosa imputabile a motivi tettonici, giustifica la presenza di accumuli di frana, localmente anche importanti e generalmente di antica data (paleofrane).

Il Flysch di Monte Antola, rappresentato da calcari non puri, sulla base degli elementi bibliografici acquisiti integrati dalle diverse evidenze in sito, non risulta soggetto a fenomeni carsici di rilievo. Alcuni autori addirittura dubitano che per l'Antola si possa parlare di vero e proprio carsismo il quale, comunque, assume un carattere blando e poco pervasivo. I dati disponibili, in particolare, sembrano escludere la presenza di una circolazione idrica a grande scala di tipo carsico.



Figura 4-2 – Sondaggio SEB2 – Area Sciorba – Opere di monte

1.2.3. Le Argille di Ortovero

Le Argille di Ortovero sono depositi marini costituiti prevalentemente da marne e marne argillose, di colore grigio o grigio azzurro quando non alterate, fortemente sovraconsolidate e molto consistenti o dure. Più raramente si registra la presenza di strati sottili di sabbie a grado di cementazione variabile. Alla base della Formazione sono presenti livelli ghiaiosi e conglomeratici. Le argille di Ortovero affiorano in lembi

isolati lungo la costa ligure tra Albenga e il levante genovese, dove occupano una fascia, di larghezza variabile (massimo circa 1 km), disposta grosso modo est – ovest tra il centro città e Sturla.

Difficilmente riscontrabili in affioramento in quanto confinate in aree densamente urbanizzate, le argille hanno colmato una fossa tettonica neogenica per spessori molto variabili; si va dagli oltre 200 m riscontrati nel centro di Genova (Piazza Corvetto – Acquasola) a spessori di alcune decine di metri (o pochi metri) all'estremità della depressione.

1.2.4. Depositi alluvionali

I depositi alluvionali più significativi sono circoscritti al tratto mediano e terminale dell'asta del T. Bisagno, per una lunghezza di circa 10 km, larghezza compresa tra circa 200 m e 1.000 m e spessori compresi tra 10 e 50 m. In seno al materasso alluvionale, poggiante normalmente sui calcari dell'Antola, è possibile distinguere due settori differenti. Il primo, più esteso (circa 8 km) e settentrionale, è costituito da ghiaie, ghiaie limose e ghiaie sabbiose che raggiungono spessori massimi di 25-30 m; il secondo e terminale tratto, più prossimo alla foce e dove vengono raggiunti i massimi spessori, presenta all'interno delle ghiaie uno strato pressoché continuo di limi ed argille con spessori compresi tra 4 e 15 m.

1.2.5. Coltri detritiche eluvio-colluviali

Le coltri detritiche sono diffuse, in plaghe più o meno estese e distribuite "a macchia di leopardo", su tutto il territorio dell'anfiteatro genovese dove ricoprono il substrato calcareo marnoso. Nella maggior parte dei casi lo spessore delle coltri è limitato a pochi metri (1-5 m), più raramente si evince la presenza di coltri di spessore superiore a 5 m fino a 10-15 m. La natura delle coltri è essenzialmente eterogenea e ad ampio spettro granulometrico; esse sono infatti tipicamente costituite da un'abbondante scheletro grossolano di clasti calcarei immersi in una matrice fine dove prevale ora la frazione sabbiosa, ora quella limo-argillosa. I maggiori accumuli sono in genere associati alla presenza di corpi di paleofrana.

1.2.6. Depositi di spiaggia

I depositi di spiaggia bordano, localmente, il margine costiero per spessori di pochi metri. Sono in genere costituti da depositi ciottolosi se non oggetto di ripascimenti sabbiosi artificiali.

1.2.7. Depositi antropici

Depositi antropici di estensione limitata, costituiti da materiali sciolti ed eterogenei in origine e composizione, con morfologia spianata, sono presenti in particolare nell'area urbanizzata in relazione ad interventi di edilizia o industriale. Nelle aree indagate sono rappresentati da ghiaie argillose con sabbie, o ghiaie sabbiose con argilla, ed includono frammenti calcarei eterometrici a spigoli vivi, chiodi metallici, ferri di armatura, elementi in muratura e pezzi di calcestruzzo.

1.3. Assetto geomorfologico

Di seguito si riporta una sintesi dell'assetto geomorfologico a livello regionale e, successivamente, a livello di bacino del Torrente Bisagno.

A grande scala il territorio genovese può essere descritto come una regione di colline e media montagna con limitate piane alluvionali normalmente poste lungo i principali corsi d'acqua. Elemento oro-idrografico essenziale è la presenza dello spartiacque Tirreno-Adriatico che decorre con andamento irregolare da SSW a NNE a breve distanza dalla costa. Le quote massime, disposte parallelamente alla costa stessa, non sempre coincidono con lo spartiacque. I due versanti del displuvio risultano fortemente asimmetrici:

quello tirrenico è ripido con pendenza media anche superiore al 20%, quello padano degrada dolcemente verso la pianura con pendenze medie inferiori al 5%.

I corsi d'acqua del versante tirrenico scendono, di norma, ortogonalmente rispetto alla costa, mentre sul versante padano solo localmente si ha un'orientazione preferenziale con direzione SSE-NNW. I corsi d'acqua del versante tirrenico risultano molto più attivi rispetto a quelli padani ed hanno arretrato, per erosione regressiva, le loro testate spostando i relativi spartiacque verso nord e catturando in tal modo parte dei bacini settentrionali. Questo è avvenuto con maggiore frequenza in aree ove prevalgono, in affioramento, terreni maggiormente erodibili in corrispondenza dei quali gli spartiacque descrivono archi con concavità rivolta a sud. Contrariamente al settore padano i bacini del versante tirrenico hanno dimensioni modeste con valli spesso profondamente incise delimitate da versanti ripidi; la curva di fondo degli alvei ha pendenza elevata nei tratti montani (superiore al 15%) con salti ed anche rapide. I corsi d'acqua secondari sono spesso paralleli alla direzione degli strati e confluiscono nel corso principale ad angolo retto.

In un contesto generale che manifesta un'orografia dai tratti marcatamente giovanili, con pendenze medio elevate o elevate in relazione ai litotipi affioranti, numerose sono le frane antiche (paleofrane) o recenti, quiescenti o attive, cartografate.

Un cenno meritano anche i fenomeni di erosione accelerata che, in presenza di precipitazioni eccezionali e di un assorbimento d'acqua non sempre elevato in ragione dell'acclività dei versanti, interessano alcuni settori del versante ligure. Versanti ripidi e rocce molto fratturate, o alternate a materiali degradabili, permettono che un intenso ruscellamento asporti, nelle parti più elevate dei bacini, la coltre superficiale con evidente danno per la stabilità dei pendii. Dove l'acqua scorre incanalata l'erosione spesso opera lungo gli argini scalzandoli e provocando dissesti a catena.

Frequenti sono in Liguria i casi di torrenti, in particolare il Leiro, il Polcevera ed il Bisagno che, improvvisamente ingrossati dalle precipitazioni e carichi di materiale asportato a monte, hanno eroso argini, sfondato ponti ed invaso gli abitati a valle. Tale contesto risulta aggravato dal marcato grado di antropizzazione che, localmente, ha sottratto ampie superfici all'infiltrazione sotterranea, ha tombato i corsi d'acqua ed ha portato ad un deciso sviluppo dei siti edificati all'interno delle naturali fasce di espansione delle piene fluviali.

Nell'area dell'Appennino ligure un netto contrasto morfologico contraddistingue le masse prevalentemente argillose (Argille a Palombini, Formazioni di Mignanego, Montanesi, Ronco e Montoggio) dai sovrastanti Calcari di Antola, spesso in scarpata al contatto.

L'irregolarità dei caratteri fisiografici ora descritti deriva principalmente dalla complessità dell'assetto strutturale della regione, dalla varietà delle litologie e dalla successione degli eventi tettonici ed orogenici.

Gli aspetti morfologici del territorio sono generalmente in accordo con le condizioni climatiche attuali anche se, localmente, sono evidenti relitti di condizioni climatiche molto diverse (paleosuoli).

A livello generale la costa si presenta normalmente alta; modesti promontori rocciosi si protendono a mare alternandosi ad insenature falcate ed orlate da strette spiagge e pianure litorali per lo più a ciottoli o con sabbie grossolane. Numerose sono le testimonianze, a diverse altezze, di antiche linee di riva e spianate di abrasione marina; particolarmente note sono quelle di Coronata e Nervi.

1.3.1. Bacino del torrente Bisagno

Il bacino idrografico del torrente Bisagno ha dimensioni medio piccole (93 km^2) ed è delimitato a nord dallo spartiacque Bisagno-Scrivia, ad ovest dallo spartiacque Bisagno-Polcevera, ad est dallo spartiacque Bisagno-Lavagna, ed infine a sud dallo spartiacque Bisagno-Sturla-Nervi-Poggio-Sori. La maggior parte dell'area d'interesse progettuale è compresa nel settore orientale del bacino del Bisagno; solo il tratto terminale della galleria, fra il Forte di San Martino ed il mare, ricade esternamente a tale bacino. L'asta principale del corso d'acqua, lunga 25 Km, ha un andamento irregolare con brusche variazioni di direzione; è infatti disposta circa parallela alla costa nella parte superiore del bacino (NNE-SSW) e perpendicolare alla stessa (N-S) nella parte inferiore. Numerosi sono i salti di fondo che testimoniano variazioni del livello basale nonché fenomeni di cattura a carico di alcuni tributari. I diversi affluenti si immettono in alveo normalmente ad angolo retto.

L'assetto oroidrografico del bacino è fortemente condizionato da fattori geodinamici endogeni, la cui influenza appare evidente soprattutto in relazione ad una serie di indicatori geomorfologici che testimoniano la rilevante correlazione fra attività tettonica quaternaria ed evoluzione morfologica del bacino stesso. La presenza di superfici fossili, terrazzi morfologici, movimenti di massa e meandri testimonia come l'assetto attuale sia stato raggiunto attraverso fasi successive di erosione rapida avvenute in epoche relativamente recenti.

La diffusa presenza di materiali lapidei determina normalmente pendenze elevate; la pendenza media dei versanti è infatti del 31% con frequenti tratte anche superiori al 50%.

Nell'ambito dell'intero bacino il tessuto urbano occupa una superficie importante e valutata nell'ordine dell'11%.

Il Torrente Bisagno nel suo insieme disegna una valle con profilo ristretto ed incassato entro fianchi vallivi ove spesso affiora il substrato roccioso; tali fianchi risultano frequentemente asimmetrici causa una diversa giacitura degli strati. In tale contesto la piana alluvionale del corso d'acqua è di larghezza modesta, anche se tende ad allargarsi da monte verso valle; in molte tratte però la sua naturale larghezza è stata ridotta per interventi antropici che hanno portato all'edificazione di strade e fabbricati in aree un tempo di naturale espansione fluviale, aggravando in tal modo gli effetti delle periodiche alluvioni.

Caratteristica è la dimensione e la forma della fascia di transizione fra pianura e versante. Molto spesso in Liguria questa fascia è ampia e articolata a testimonianza di attività detritico colluviali di versante, mentre nel caso in studio l'attacco è spesso netto.

Altra caratteristica riguarda il rapporto planoaltimetrico fra alveo attuale e superficie della piana alluvionale. Si nota una generale uniformità sia del dislivello medio fra quota della piana e quota del greto, sia della morfologia della piana. Su quest'ultimo aspetto certamente è dominante l'azione dell'uomo il quale, sin da tempi remoti, ha rimodellato il terreno attenuando dislivelli, colmando tracce di vecchi alvei, spianando gibbosità ed accumuli sedimentari.

Il Torrente Bisagno scorre a cielo aperto per buona parte del suo percorso anche se, nella parte di attraversamento della città di Genova, la sua attuale configurazione geometrica, per effetto di importanti interventi antropici, risulta molto lontana da quella naturale. A partire dalla stazione di Brignole sino alla foce il corso d'acqua è tombato.

Le verifiche idrauliche allegate al Piano di Bacino individuano nel tratto terminale coperto, ed in quello scoperto sino alla confluenza con il Fereggiano, le principali criticità idrauliche. Il settore maggiormente critico è quello terminale, causa la grave insufficienza del tratto canalizzato la cui limitata officiosità comporta pericolosi fenomeni di rigurgito a monte amplificati dalla presenza dei manufatti interferenti con l'alveo. Emerge nel complesso una elevata suscettibilità al rischio di inondazione che comunque, come meglio illustrato in seguito, non interessa in alcun modo le aree di stretto interesse progettuale.

Nella parte montana del bacino lungo l'alveo del Torrente Bisagno affiora direttamente il substrato roccioso; procedendo verso valle questo si approfondisce e l'incisione viene colmata da una coltre alluvionale costituita da ghiaie e sabbie con anche limo ed argilla. L'estensione del materasso alluvionale copre una lunghezza di circa 10 Km ed una larghezza compresa fra 200 e 1.000 m; gli spessori sono molto variabili ed aumentano progressivamente verso la foce; nell'area in studio si va dai circa 20 m in corrispondenza dell'opera di presa ad oltre 40 m all'altezza di Piazza Giusti.

All'interno della coltre alluvionale è contenuta una importante falda idrica ampiamente utilizzata a scopo idropotabile ed industriale. L'alimentazione dell'acquifero è dovuta essenzialmente agli apporti diretti del Bisagno che pertanto ha caratteristiche "disperdenti"; da segnalare anche, seppur di incerta quantificazione, l'esistenza di un'alimentazione dovuta alle acque circolanti nell'ammasso roccioso calcareo fratturato.

La falda risulta libera lungo buona parte del percorso anche se, verso mare, la presenza di alcune intercalazioni argillose origina una seconda e più profonda falda in pressione. In corrispondenza della foce il saliente roccioso che costituisce il proseguimento sepolto della collina di Carignano, in corrispondenza di via Cecchi, confina la falda e protegge dall'intrusione del cuneo salino.

Localmente la presenza del fiume è segnalata, a quote maggiori rispetto a quella attuale, dalla presenza di superfici spianate di roccia prive però di depositi alluvionali.

Dal punto di vista litologico l'elemento predominante è dato dalla presenza di depositi calcareo marnosi riferibili al Flysch di Monte Antola; in subordine sono presenti, fra Molassana e Struppa, depositi riferibili alle Argilliti di Montoggio. La presenza dei calcari determina una buona energia di rilievo e un grado di acclività medio – elevato. Le principali variazioni di pendenza sono riconducibili ora a variazioni nell'assetto giaciturale degli strati (condizioni di reggipoggio determinano pendenze maggiori rispetto a quelle a franapoggio), ora ai cambi di litologia; caratteristico è proprio il "salto di pendenza" dei versanti nel punto di passaggio fra calcari ed argilliti.

Dall'esame della carta geologica è evidente come la predominanza di un tipo litologico, seppur diversificato al suo interno, contribuisca a determinare caratteri morfologici sostanzialmente omogenei. La presenza di una marcata tettonica, sia fragile - duttile che duttile, caratterizza morfologicamente l'area. Il secondo aspetto, quello fragile, ha comunque la maggiore influenza sul quadro geomorfologico generale. Infatti l'allineamento dei corsi d'acqua si dimostra coerente con le principali lineazioni tettoniche che rappresentano zone di debolezza lungo le quali le acque hanno potuto incidere il proprio corso. Nei calcari il reticolo idrografico è disposto secondo lineazioni strutturali e corre fra fianchi incassati e stretti; in presenza di materiali argillosi il reticolo si è sviluppato, in assenza di vie preferenziali, a raggiera, secondo le linee di massima pendenza.

Lungo i versanti sono cartografate diverse frane e nel solo bacino del Bisagno ne sono censite ben 300. Alcune di queste rappresentano gli accumuli di antichi dissesti (paleofrane) imputabili a periodi climatici molto diversi da quelli attuali, ad eventi neotettonici o ad una ripetuta attività sismica; sono generalmente stabilizzate anche se non mancano casi di locali e/o superficiali riattivazioni. Sono comunque cartografate numerose frane quiescenti e più raramente alcune frane attive.

In presenza di coltri a prevalente composizione coesiva sono rilevabili dissesti superficiali con dinamica di tipo soliflusso; si tratta in genere di movimenti lenti che interessano la coltre detritica pluvio – colluviale, antichi accumuli di frana o la porzione corticale delle Argilliti di Montoggio maggiormente alterate e poggianti su materiali litoidi. È importante osservare come in genere i diversi dissesti siano connessi alla combinazione di più meccanismi di movimento avvenuti, simultaneamente o in tempi successivi, nell'ambito del medesimo versante.

Nella parte medio - alta del bacino sono noti fenomeni di Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (D.G.P.V.), che rappresentano la risposta più evidente dell'evoluzione dei pendii rispetto ai processi di abbassamento rapido per erosione del fondovalle. Essi sono concentrati, generalmente, in zone caratterizzate da litologie a prevalente comportamento diversificato (es.: fragile per calcari sovrapposti a litologie con associato un comportamento duttile quali le argilliti). Tali fenomeni sono osservabili lungo la sponda sinistra del torrente Bisagno (monte Rosato, monte Trincea, monte Lungo, monte Masapello).

In un contesto che vede la prevalenza di materiali lapidei stratificati le cause generali predisponenti alla franosità sono rappresentate dalle giaciture degli strati a franapoggio inclinati meno o come il versante. Ad aggravare la situazione possono concorrere sistemi fessurativi continui ed invasivi che, unitamente alla presenza di interstrati argillitici e/o argillosi, isolano intere masse rocciose che divengono pertanto libere di scivolare lungo piani inclinati. Le frane così generate possono essere classificate come frane di scivolamento lungo una superficie planare preesistente. Le eccezionali precipitazioni, o anche il solo effetto antropico, possono essere fra le principali cause determinanti delle frane.

Fra le frane per cause antropiche si vuole ricordare quella avvenuta a Genova in corrispondenza della Collina degli Angeli il 12 marzo 1968, dove circa 12.000 m3 di roccia investirono un edificio di 7 piani causando la morte di 19 persone. La massa rocciosa era rappresentata dai calcari marnosi dell'Antola con interstrati argillosi, disposta a franapoggio con pendenza simile al versante, disturbata da precedenti lavori di cava.

Sempre nell'Antola possono aversi anche frane per ribaltamento o crollo in presenza di strati a franapoggio e/o versanti particolarmente ripidi.

Come conseguenza dei fenomeni descritti si osservano, lungo le fasce basali dei versanti, coltri detritiche terroso - lapidee con spessori di norma contenuti nei 3 m; il fenomeno interessa particolarmente la valle del Rio Fereggiano e quella del Rio Rovare.

La giovane età del paesaggio è tradita nel suo complesso, oltre che dai fenomeni franosi, anche da fenomeni di erosione regressiva particolarmente evidenti lungo le valli secondarie. Il profilo longitudinale

dei torrenti in questo territorio non sembra aver raggiunto l'equilibrio e mostra un trend evolutivo che si manifesta anche attraverso un'intensa erosione al piede che può essere concausa di fenomeni d'instabilità. E' evidente, anche nei rii minori, un copioso alluvionamento con presenza di ghiaie ciottoli e blocchi di grandi dimensioni imputabile alla grande varietà di detriti di cui sono serbatoio le numerose frane o paleofrane.

Come conseguenza di tutto ciò durante le piene possono registrarsi eccezionali apporti di materiale con conseguente innalzamento dell'alveo; successivamente quando il regime viene normalizzato avviene una ripresa dell'erosione ed i corsi d'acqua reincidono le proprie alluvioni.

5 IDROLOGIA

Con riferimento alla relazione idrologica di progetto, nel seguito si riporta una breve descrizione degli elementi che hanno permesso la definizione della pluviometria dell'area di interesse, con individuazione delle piogge intense di riferimento, nonché la determinazione delle portate di piena.

5.1 Pluviometria

Come descritto nel Piano di Bacino stralcio del torrente Bisagno, *"Il regime pluviometrico dell'area in esame risulta intermedio fra il tipo sublitoraneo appenninico e quello marittimo, con un massimo assoluto in autunno (novembre) ed un minimo assoluto in estate (luglio). Esso presenta anche un massimo e un minimo relativo rispettivamente, in primavera e in inverno. La precipitazione media annua oscilla fra 1000 e 1500 mm, con punte che, in qualche caso, raggiungono 2000 mm (a Scoffera, per esempio, 2015 mm)."* Per quanto concerne la determinazione delle piogge intense, l'analisi dei dati pluviometrici e la conseguente definizione delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, che individuano per ogni tempo di ritorno di interesse l'altezza massima annuale di pioggia per date durate, è stata effettuata all'interno del medesimo Piano di bacino sopracitato, dal quale sono stati estratti i dati di interesse.In sintesi, per quanto riguarda i modelli probabilistici adottati al fine di determinare tali linee segnalatrici per il bacino del Bisagno, esclusi gli affluenti di destra dal Veilino al Ruinà, sono stati esaminati due metodi identificabili come "modello lognormale scala-invariante" e "modello lognormale dissipativo" (metodo poi adottato nel PdB per calcolo delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica).

Nella relazione idrologica è riportata anche la verifica degli effetti conseguenti l'estensione del set di informazioni relativo alle precipitazioni, sulla base degli aggiornamenti ad oggi disponibili, e il confronto delle relative LSPP con quelle del Piano di bacino. In particolare, l'estensione al 2017 del set di dati di precipitazione è disponibile per tre sole stazioni pluviometriche in riferimento alle quali è stato di conseguenza aggiornato il calcolo delle piogge intense per il bacino del t. Bisagno: relativamente alle sezioni di chiusura sul corso d'acqua, la sezione di riferimento per il progetto in esame è la sez. M, caratterizzata da un tempo di corrivazione pari a 2,97 h. La durata caratteristica delle Curve di Possibilità Pluviometrica di riferimento è pertanto pari a 3h, durata in corrispondenza della quale l'aggiornamento dell'idrologia, eseguito per congruenza mediante modello lognormale dissipativo, determina un incremento della precipitazione variabile tra circa +7,5% e circa +31,7% a seconda del pluviometro esaminato. Le precipitazioni "aggiornate" per ogni bacino sono pertanto state calcolate aumentando i valori desunti dalle LSPP del PdB sia dell'incremento percentuale medio calcolato sulle tre stazioni pluviometriche (~+18%) che, cautelativamente, del massimo incremento percentuale rilevato per le stazioni analizzate (~+32%).

L'effetto dell'estensione del set di informazioni relativo alle precipitazioni sulle portate di progetto è descritto nel capitolo seguente.

5.2 Portate di progetto

Il Piano di Bacino definisce in corrispondenza del tratto terminale tombato del torrente Bisagno una portata associata a un tempo di ritorno di 200 anni pari a 1.301 m^3/s (nodo T). La progettazione dello scolmatore del torrente Bisagno è stata basata sull'ipotesi che l'officiosità idraulica di tale tratto potesse incrementarsi, dal valore originario di circa 500 m^3/s, sino alla portata di 850 m^3/s a completamento degli interventi di sistemazione.

Lo scolmatore è stato dimensionato nel corso delle varie fasi progettuali pregresse con l'obiettivo di garantire che nell'alveo a valle dell'opera di presa, in corrispondenza dell'evento di piena con tempo di ritorno 200 anni (portata massima in ingresso valutata pari a 1.049 m^3/s dal Piano di Bacino - nodo M), defluisca una portata non superiore a 630 m^3/s, in grado di transitare con adeguate condizioni di sicurezza idraulica.

Il progetto definitivo del 2007 prevedeva la derivazione, in concomitanza dell'evento di piena duecentennale, di una portata massima pari a circa 513 m^3/s (arrotondata a 520 m^3/s), corrispondente alla somma dei seguenti contributi: 417 m^3/s dal Bisagno (arrotondati a 420 m^3/s), 80 m^3/s dal Fereggiano, 9 m^3/s dal Rovare e 7 m^3/s dal Noce. Tali valori sono maggiori di quelli originariamente definiti nel progetto preliminare.

Per le finalità del progetto esecutivo, in accordo con le indicazioni del RUP, si è assunto che la portata derivata dalla presa del Bisagno possa essere in grado da sola di garantire condizioni di compatibilità idraulica nel tratto tombato, derivando cioè una portata massima pari a circa 1.300 m^3/s – 850 m^3/s = **450 m^3/s**. Non si considera in questo modo l'apporto dato dallo scolmatore del Fereggiano (attualmente in fase di realizzazione) per maggior cautela, tenendo conto della possibile non contemporaneità dei colmi di piena dei due corsi d'acqua.Con la nuova impostazione prevista per il cantiere è risultato inoltre possibile captare anche la portata di piena del rio Sciorba, che da Piano di Bacino risulta alla confluenza pari a 8,5 m^3/s. Per massima cautela le opere a valle dell'immissione di tale apporto (captato mediante la galleria di accesso alla camera di montaggio della fresa) sono state dimensionate considerando una portata arrotondata di **460 m^3/s**, ovvero assumendo (improbabili) condizioni di contemporaneità tra il picco di piena del rio e la massima derivazione di portata dal Bisagno.

Come anticipato nel capitolo precedente, nella relazione idrologica si è comunque proceduto verificando l'effetto dell'estensione del set di informazioni relativo alle precipitazioni sulle portate di progetto.

In particolare, la formulazione utilizzata nel PdB per il calcolo della portata di piena con determinato tempo di ritorno correla tale portata al tempo di ritorno stesso e alla "portata indice", parametro indicatore della media dei massimi annuali di portata al colmo. È pertanto possibile, risalendo alla "pioggia indice", determinare i coefficienti di deflusso dei bacini e, supponendoli costanti, le precipitazioni di progetto corrispondenti alle portate di piena indicate nel PdB.

Confrontando tali precipitazioni con quelle desunte dalle LSPP ante e post aggiornamento dell'analisi idrologica si evidenzia come la determinazione delle portate di piena secondo il metodo dell'Autorità di Bacino corrisponda al considerare un evento di pioggia molto più gravoso rispetto a quello ottenibile mediante analisi delle curve di possibilità pluviometrica.

Si è inoltre proceduto calcolando, mediante applicazione del metodo razionale, i coefficienti di deflusso corrispondenti, note le portate di piena definite nel PdB, all'assunzione come caratteristiche dei bacini delle precipitazioni derivanti dall'aggiornamento dell'analisi idrologica.

Con i dati pluviometrici aggiornati, riferiti all'incremento di precipitazione medio tra le stazioni esaminate (circa +18%), i coefficienti di deflusso necessari per ottenere le portate indicate nel PdB risulterebbero dell'ordine di 0,90 (corrispondente a un bacino contribuente pressoché impermeabile). Se si considera invece di maggiorare tutti gli afflussi per la percentuale di massimo incremento riscontrata sulle stazioni indagate (circa +32%), i coefficienti di deflusso sarebbero pari a circa 0,80 (valore relativamente elevato ma maggiormente ragionevole rispetto agli altri).

Alla luce di queste considerazioni si ritiene pertanto che il valore della portata di piena di progetto con tempo di ritorno duecentennale fornito nel Piano di Bacino, e nello specifico per le sezioni di riferimento per il presente progetto (sezioni M e T), anche a seguito dell'aggiornamento idrologico effettuato sia ancora da ritenersi congruente e rappresentativo della massima piena temibile in relazione alla frequenza considerata.

Tale congruenza, pur a fronte di sensibili incrementi delle precipitazioni intense di riferimento, è verosimilmente dovuta alle modalità di analisi statistica delle portate al colmo assunta nello studio su cui si basa il Piano di Bacino, che particolarmente per i tempi di ritorno più elevati risulta piuttosto cautelativo nella stima del valore di portata al colmo.

6 IDRAULICA

Il presente paragrafo fa riferimento alla relazione idraulica di progetto all'interno della quale si fornisce una sintesi del processo di analisi preliminare che ha portato alla scelta della soluzione progettuale giudicata maggiormente funzionale dal punto di vista idraulico, e si dettagliano le successive verifiche e approfondimenti condotti mediante predisposizione di modellistica idraulica numerica con schema sia monodimensionale, sia bidimensionale, in relazione alla migliore descrizione dei fenomeni indagati, e con modellistica fisica.

La relazione descrive in particolare i risultati delle verifiche idrauliche relative:

- al nodo idraulico di presa (traversa, sfioratore) e alle opere in alveo di sistemazione e attraversamento, compresa la briglia selettiva per la trattenuta del materiale flottante;
- ai manufatti di presa a valle dello sfioratore (canale collettore, camera di dissipazione);
- alla galleria di adduzione e a quella principale;
- al manufatto di sbocco comune con lo scolmatore del Fereggiano;
- alle opere accessorie: camera di raccordo in cui confluisce la galleria di accesso, opera di presa del rio Sciorba, opera di sbocco a mare;
- alle opere provvisionali e ai sistemi di allertamento per condizioni di rischio idrologico.

6.1 IMPOSTAZIONE PROGETTUALE E CRITERI DI DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

6.1.1 Sintesi dei risultati delle analisi condotte nell'ambito dello studio di fattibilità

Lo scolmatore del torrente Bisagno è stato dimensionato nel corso delle varie fasi progettuali pregresse con l'obiettivo di garantire che nell'alveo a valle dell'opera di presa, in corrispondenza dell'evento di piena con tempo di ritorno 200 anni (portata massima in ingresso valutata pari a 1.049 m^3/s dal Piano di Bacino - nodo M - rif. relazione idrologica), defluisca una portata non superiore a 630 m^3/s che, anche grazie alle sistemazioni d'alveo progressivamente realizzate nel tratto terminale, può transitare con adeguate condizioni di sicurezza idraulica.

In corrispondenza del tratto terminale tombato, infatti, la portata associata a un tempo di ritorno di 200 anni definita dal Piano di Bacino vale 1.301 m^3/s (nodo T); il progetto preliminare delle opere è stato basato sull'ipotesi che l'officiosità di tale tratto potesse incrementarsi dal valore allora esistente, pari a circa 500 m^3/s, sino al valore di 850 m^3/s a completamento degli interventi di sistemazione.

Il progetto definitivo del 2007 (nel seguito PD2007) dello scolmatore prevedeva la derivazione, in concomitanza dell'evento di piena duecentennale, di una portata massima pari a circa 513 m^3/s (arrotondata a 520 m^3/s), corrispondente alla somma dei seguenti contributi: 417 m^3/s dal Bisagno (arrotondati a 420 m^3/s), 80 m^3/s dal Fereggiano, 9 m^3/s dal Rovare e 7 m^3/s dal Noce. Tali valori sono maggiori di quelli originariamente definiti nel progetto preliminare.

Per le finalità del progetto esecutivo, in accordo con le indicazioni del RUP, si è assunto che la portata derivata dalla presa del Bisagno possa essere in grado da sola di garantire condizioni di compatibilità idraulica nel tratto tombato, derivando cioè una portata massima pari a 1.300 m^3/s – 850 m^3/s = **450 m^3/s**. Non si considera in questo modo l'apporto dato dallo scolmatore del Fereggiano (attualmente in fase di realizzazione) per maggior cautela, tenendo conto della possibile non contemporaneità dei colmi di piena dei due corsi d'acqua.

Con la nuova impostazione prevista per il cantiere è risultato inoltre possibile captare anche la portata di piena del rio Sciorba, che da Piano di Bacino risulta alla confluenza pari a 8,5 m^3/s. Per massima cautela le opere a valle dell'immissione di tale apporto (captato mediante la galleria di accesso alla camera di

montaggio della fresa) sono state dimensionate considerando una portata arrotondata di **460 m³/s**, ovvero assumendo (improbabili) condizioni di contemporaneità tra il picco di piena del rio e la massima derivazione di portata dal Bisagno.

Preliminarmente allo sviluppo del presente progetto esecutivo, in ragione delle significative differenze nell'impostazione progettuale rispetto al PD2007 (in seguito suddiviso in due lotti con separazione delle gallerie scolmatrici del Bisagno e di Fereggiano, Rovare e Noce) si è condotto uno studio di fattibilità di possibili alternative di tracciato e impostazione delle opere, per individuare la soluzione più adeguata in relazione alle numerose problematiche emerse in tema di funzionalità, interferenze, cantierabilità.

Tale studio, descritto in specifici elaborati presentati in sede di Conferenza dei Servizi preliminare, è stato supportato da analisi idrauliche di massima per consentire il predimensionamento delle opere e il confronto di più soluzioni dal punto di vista della funzionalità idrodinamica.

Per quanto concerne le tematiche idrauliche, la soluzione risultata ottimale in funzione di un analisi multicriterio ed i criteri di dimensionamento sono riportati ai paragrafi successivi; i criteri di dimensionamento descritti sono stati anch'essi definiti sulla base delle assunzioni adottate nella progettazione pregressa e delle verifiche e confronti sviluppati nell'ambito dello studio di fattibilità.

La soluzione di progetto prevede la realizzazione con scavo meccanizzato della galleria principale, assegnandole conseguentemente una geometria circolare. In considerazione di quanto riportato nel Capitolato d'Oneri a base di gara è stato verificato, con le modalità di dimensionamento di massima adottate nello studio di fattibilità, il comportamento idraulico di una galleria circolare avente diametro pari a 9,5 m. Per finalità di confronto si è inoltre considerata la capacità di portata di una galleria di sezione policentrica identica a quella proposta nel PD2007, ma considerando i parametri idraulici (scabrezza, pendenza, portata) della presente soluzione.

Inoltre, considerando che nel parere del Consiglio Superiore dei LL.PP. al PD2007 si indicava che *il progettista esecutivo dovrà valutare con un calcolo idraulico più circostanziato se sussistono le condizioni per diminuire il diametro della galleria consentendo in tal modo il conseguimento di economie significative*, si è estesa l'analisi anche a diametri di galleria inferiori (8,8 m, valore inizialmente considerato nello studio di fattibilità ma che con le nuove portate di riferimento non risulta rispettare i criteri di dimensionamento, e 9,2 m).

Relativamente alle geometrie circolari (9,2 e 9,5 m) e policentrica (9,5 m) le analisi hanno mostrato come tutte rispettino i criteri di dimensionamento, con differenze non eccessive in termini di grado di riempimento (scostamenti di circa il 4%) e riduzione del livello idrico in galleria (scostamento massimo tra le soluzioni migliore e peggiore pari a circa il 10% dell'altezza idrica). Tutte le geometrie indagate permettono di mantenere un'ampia porzione di galleria non interessata dal deflusso, con altezza libera minima in asse pari a 2,6 m (valore poi confermato dalle analisi di dettaglio condotte sulla soluzione definitiva).

Anche le massime velocità medie risultanti dall'analisi sono pressoché identiche in tutte e tre le sezioni e pari a circa 9 m/s.

L'analisi multicriterio, tenendo anche conto di problematiche di tipo costruttivo e degli oneri complessivi di intervento, ha confermato le risultanze dell'analisi di funzionalità idraulica, ovvero che una pur possibile, limitata riduzione della sezione della galleria principale non avrebbe provocato vantaggi o economie realmente significative. Si è pertanto valutato maggiormente opportuno, in accordo con il RUP, il mantenimento del diametro di galleria originariamente individuato, pari a **9,50 m**.

6.1.2 *Criteri di dimensionamento idraulico*

Sulla base dell'analisi della documentazione progettuale pregressa (progetto definitivo 2007 dello scolmatore del Bisagno e progetto esecutivo dello scolmatore del Fereggiano), dell'esame delle osservazioni degli Enti riferite a tali progetti, dell'esperienza tecnica maturata dal RTI nella progettazione di analoghe tipologie di opere e di confronti tecnici con il RUP, per il progetto esecutivo dello scolmatore in oggetto sono state assunte le ipotesi di base e i criteri di dimensionamento di seguito riportati.

- Funzionamento a **pelo libero** delle opere di adduzione idraulica (gallerie di adduzione e principale) e nelle camere di dissipazione e montaggio della fresa. Il Consiglio Superiore dei LL.PP. ha già accolto favorevolmente tale scelta nel PD2007, in quanto essa può evitare la formazione di condizioni instabili di *plug flow* nel transitorio da moto a superficie libera a moto in pressione, con fenomeni turbolenti legati all'espulsione delle sacche d'aria in galleria che contribuirebbero a un più rapido degrado dell'opera.

  Come descritto nella relazione idraulica, di per sé non si ravvisano particolari risvolti negativi per l'opera in caso di funzionamento in pressione: lo smaltimento della portata non sarebbe in alcun modo ostacolato, e il maggiore effetto di usura sui rivestimenti (che in ogni caso sono dotati di elevata resistenza in relazione ai materiali prescritti per la realizzazione – cfr. relazioni tecniche specifiche) sarebbe poco significativo in considerazione della frequenza con cui lo scolmatore entrerebbe in funzione e sulla persistenza di queste condizioni di portata di picco (indicativamente dell'ordine dell'ora).

  Tuttavia, considerare nel dimensionamento un funzionamento a pelo libero permette di mantenere un rilevante margine di sicurezza, andando a realizzare un'opera intrinsecamente robusta e durevole perché capace di poter essere "spinta" oltre le condizioni di progetto, cosi da poter risultare funzionale anche per eventi di criticita superiore a quanto a oggi ipotizzabile (si pensi ad esempio alle possibili evoluzioni correlabili al cambiamento climatico), oppure in caso di ipotetico malfunzionamento di alcuni elementi (ad esempio avaria di una delle paratoie di regolazione, parziale ostruzione di un tratto di galleria per non adeguata manutenzione, ecc.).

- Grado di riempimento limite pari al **75%**, congruentemente con le assunzioni alla base del PD2007 già condivise dal Consiglio Superiore dei LL.PP a meno di specifici tratti di limitata estensione in corrispondenza di nodi singolari in cui si verificano fenomeni dissipativi (imbocco galleria di adduzione, sbocco a mare). Considerata l'ampia dimensione della galleria, il volume d'aria disponibile consente di sostenere un adeguato flusso dovuto ai fenomeni di *drag* da parte della corrente idrica, evitando il ricorso ad aerofori (funzione svolta in ogni caso dalla galleria di servizio in corrispondenza del camerone di montaggio della fresa), e di minimizzare inoltre il rischio di formazione di condizioni di *slug flow* dovute a oscillazioni trasversali che possano occludere temporaneamente la sezione, con potenziale innesco di fenomeni cavitativi (pur rari).

- Coefficiente di scabrezza per le opere di adduzione idraulica, espresso secondo Strickler e riferito a uno schema di calcolo monodimensionale, pari a **65 $m^{1/3}/s$**. Tale valore è stato scelto per tenere conto sia della progressiva usura del rivestimento che degli effetti dissipativi dovuti alle increspature superficiali delle correnti veloci (*roll waves*, nella galleria principale), o comunque forfettariamente comprensivo di condizioni secondarie di resistenza al moto legate al potenziale innesco di limitati fenomeni turbolenti.

- Nella documentazione pregressa si evidenziava come le velocità piuttosto elevate della corrente in galleria, comprese nel PD2007 tra 13,0 m/s e 9,5 m/s, potessero dare luogo all'inglobamento di microscopiche bolle d'aria (corrente areata) che aumentano il volume della corrente stessa; questo effetto era valutato variabile tra il 10% e il 5% per le velocità considerate. Nel presente progetto la

scelta di una sezione di galleria più ampia (diametro **9,50 m**) di quella strettamente necessaria per la funzionalità idraulica permette da un lato di avere velocità inferiori (circa 8,5÷9,5 m/s nella galleria principale, circa 6,6÷6,7 m/s nella galleria di adduzione) che riducono fortemente l'entità di tale effetto, dall'altro di disporre di un maggiore franco idraulico rispetto al valore limite di dimensionamento (valore effettivo generalmente inferiore al 70%, valore massimo pari a 73%, al netto dei nodi singolari già richiamati), con presenza di un congruo margine: nella maggior parte dell'estensione delle gallerie circa 3 m di franco in chiave (valore minimo circa 2,6 m).

- Il raggio minimo di curvatura delle gallerie è stato valutato considerando di generare fenomeni massimi di sovralzo in curva compresi tra 0,30 m e 0,40 m (con valori in ogni caso non superiori al 15% del franco idraulico in chiave della sezione considerata; generalmente essi risultano non superiori al 10% di tale franco). Il minimo raggio di curvatura adottabile è risultato quindi pari a 250 m per la galleria circolare nel tratto a pendenza inferiore, 300 m per la medesima galleria nel tratto a pendenza maggiore e 200 m per la galleria di adduzione a bassa pendenza longitudinale.

6.1.3 Schema idraulico della soluzione di progetto

Il layout idraulico dell'opera di presa differisce rispetto alla configurazione del progetto definitivo del 2007 per alcuni elementi, come di seguito descritto. Si rimanda agli elaborati grafici di progetto per una più esaustiva descrizione delle caratteristiche geometriche e dimensionali delle opere.

In particolare le modifiche più sostanziali riguardano il tratto a valle dello stramazzo di presa, facendo seguito a quanto indicato in fase di gara e congruentemente con le osservazioni contenute nel parere del Consiglio Superiore dei LL.PP. al progetto definitivo: "*una modifica della geometria* [del tratto di incile della galleria che eviti il brusco slivellamento previsto in progetto] *potrebbe portare sostanziali benefici e il dettaglio costruttivo potrebbe essere ristudiato e, se del caso, modificato in sede di progetto esecutivo*".

- L'impostazione generale delle opere in alveo è congruente con lo schema pregresso (traversa di sbarramento/regolazione, sfioro laterale di presa), pur con modifiche al numero di setti e alla posizione della briglia selettiva e relativa vasca di dissipazione a valle, come meglio descritto nei capitoli successivi.
- A valle dello sfioro di presa è stato inserito un salto di fondo, realizzato mediante uno scivolo sagomato con profilo Creager, seguito da una vasca di dissipazione e da una platea orizzontale, all'inizio della quale sono presenti due setti "di dissipazione" (che rivestono in realtà la funzione di ulteriore elemento di intercettazione in uscita dalla vasca di possibile materiale di grosse dimensioni che dovesse immettersi nell'opera di presa nonostante le protezioni previste a monte). L'imbocco della galleria di raccordo verso la camera di montaggio della fresa avverrà con stacco a 90° dalla parete sinistra, nella porzione di valle della platea. Questa camera di dissipazione è finalizzata non tanto a diminuire il carico totale della corrente, quanto a ridurne notevolmente il carico cinetico (trasformandolo in energia di posizione), evitando le verosimili significative oscillazioni di massa attese nella configurazione originaria, che prevedeva l'immissione diretta a valle dello sfioro in una curva a pendenza relativamente elevata.
- La galleria di adduzione, realizzata in scavo tradizionale con sezione policentrica di dimensione 10,4 m, collega la camera di dissipazione con un camerone preposto al montaggio della fresa, a cui afferisce una galleria di accesso da piano campagna (area ex canile – Sciorba). La galleria di adduzione è stata prevista con pendenza ridotta (0,25%) per poter verificare condizioni di corrente lenta in corrispondenza di tutte le portate defluibili in condizioni standard di esercizio, evitando così la formazione di un risalto in corrispondenza dell'allargamento dovuto al camerone. Lo sbocco nel camerone avviene con salto di fondo di oltre 1,1 m.

- La galleria principale ha origine dalla parete di valle del camerone e si sviluppa fino allo sbocco a mare con pendenza media pari a circa lo 0,5%. In ragione dell'interferenza con le gallerie ferroviarie nel tratto di valle, la pendenza del tratto è stata impostata su due livellette a pendenza costante, pari a circa 0,62% nel tratto di monte e 0,40% in quello di valle. La sezione (scavata in TBM) è circolare, con diametro pari a 9,50 m in accordo con quanto previsto dal Capitolato d'Oneri a base di gara. Il deflusso della portata di progetto avviene in condizioni di corrente veloce, analogamente a quanto previsto nelle precedenti fasi progettuali (numero di Froude pari a circa 1,35 nel tratto di monte e 1,25 in quello di valle, con valori più vicini all'altezza critica – 1,05÷1,10 – nel tratto di cambio pendenza).

- Il manufatto di sbocco a mare è comune con lo scolmatore del Fereggiano, ed è stato dimensionato nell'ambito del progetto esecutivo di quest'ultimo (attualmente in fase di realizzazione). Per le finalità della verifica idraulica si è considerata una portata allo sbocco (somma dei contributi di Bisagno e Fereggiano) pari a quella complessiva definita dal progetto definitivo del 2007, ovvero 520 m^3/s. Sono state effettuate inoltre analisi idrauliche di approfondimento considerando per massima cautela la contemporaneità perfetta tra tutti i contributi potenzialmente derivabili (Bisagno, Fereggiano, Rovare, Noce, Sciorba), giungendo a una portata massima di 460+136 = 596 m^3/s, e considerando l'effetto di disturbo idrodinamico provocato dalla confluenza dei due flussi nel manufatto di imbocco.

7 OPERE IN ALVEO

7.1 Inquadramento generale

Il trasferimento di quota parte delle portate di piena alla galleria scolmatrice del Bisagno, è garantito dalla realizzazione di alcune opere idrauliche di particolare importanza; partendo da monte verso valle, sono le seguenti:

- briglia selettiva con vasca di dissipazione e controbriglia;
- sistemazione idraulica del Bisagno;
- opera di presa con sfioratore longitudinale
- opera di sbarramento trasversale al Bisagno;

a queste, si aggiungono alcune opere accessiorie funzionali al corretto inserimento delle opere nel contesto urbano ed a garantire l'operatività delle opere idrauliche previste:

- passerella pedonale;
- edificio di controllo;

Nei paragrafi che seguono, viene fornita una descrizione delle opere sopra elencate; per maggiori dettagli ed informazioni circa le soluzioni progettuali adottate, le tipologie strutturali, nonché le caratteristiche di funzionamento dei manufatti principali, si riman-da agli elaborati grafici ed alle relazioni specialistiche appositamente predisposte.

7.2 Briglia di trattenuta dei corpi galleggianti

Circa a metà strada tra il ponte stradale Fleming ed il ponte Gallo, poco a monte di una rampa di discesa in alveo esistente, è prevista la realizzazione di un manufatto per la trattenuta dei corpi galleggianti eventualmente trasportati a valle dalla corrente nel corso degli eventi di piena più gravosi. Tale manufatto è costituito dai seguenti elementi:

- briglia avente larghezza pari a quella dell'alveo (circa 60 m), salto di fondo di altezza pari a circa 2.90 m, e sagoma dell'estradosso di tipo trapezio, costituita da una parte centrale in piano di larghezza pari a 35 m e quota di 40.94 m s.l.m., suddivisa in tre campate, e due parti laterali inclinate, di larghezza pari a 12.50 m e quota di estradosso variabile da 40.94 a 43.84 m s.l.m.; alla struttura della briglia è collegata anche una parte del bacino di dissipazione per un'estensione di circa 10 m;
- opera di trattenuta dei corpi galleggianti costituita da 6 setti in c.a. posti parallelamente all'asse del corso d'acqua sui quali vengono tesate funi a trefoli di trattenuta dei corpi galleggianti:
  - due setti centrali di spessore pari a 1.2 m;
  - due setti intermedi di spessore pari ad 1.50 m;
  - due setti alle estremità, in adiacenza ai muri di sponda;

  Le funi orizzontali saranno di tipo chiuso con D=44 mm, a trefoli in acciaio ad alta resistenza, ad uso specifico per tensostrutture; avranno un sistema di fissaggio ai setti in c.a. realizzato con capocorda regolabile, con aggancio di estremità a perno;
- due pile di sostegno di una soprastante struttura metallica necessaria per la movimentazione di uno sgrigliatore a comando automatico previsto per la rimozione di eventuali materiali di trasporto trattenuti dalle funi trasversali all'alveo;
- bacino di dissipazione costituito da una prima parte in c.a., della lunghezza di 10 m, collegata solidalmente alla briglia, ed una seconda parte della lunghezza di 35 m, al termine della quale è collocata una soglia di fondo che realizza un dislivello di 1 m con il fondo alveo di progetto; in

mezzeria della vasca di dissipazione, al fine di conferire maggiore stabilità alla protezione di fondo del bacino, è stata inserita anche una soglia di fondo intermedia, in c.a.

La struttura metallica di sostegno dello sgrigliatore è costituita da una doppia trave HEB1000, continua su quattro appoggi, con suddivisione delle campate di 13.25 – 33.5 – 13.25 m; tali travi sono collegate da traversi in profilati metallici e sostengono le vie di corsa dello sgrigliatore, costituite da due binari in profilati metallici. Completano l'opera una serie di grigliati metallici, per il passaggio del personale di manutenzione, e il parapetto metallico posto sul bordo di monte dell'impalcato.

Lo sgrigliatore è costituito da una gru a pinza carrellata, a braccio articolato, con capacità di sollevamento di 1500 kg e sbraccio massimo orizzontale di 12.0 m, fornita di basamento di acciaio adatto per essere installato su carrello mobile; tale carrello è composto da una struttura saldata in profilati e lamiere di acciaio, adeguatamente zavorrata per ridurre il momento ribaltante e completa di ulteriori ganci antiribaltamento. L'azionamento dello sgrigliatore sarà gestito da un operatore in remoto mediante radiocomando.

La briglia in c.a. è corredata di drenaggi collocati su due file a distanza di 1.50 m, e ad interasse orizzontale di 2 m. Tali drenaggi, a sezione circolare di diametro pa-ri a 125 mm, sono costituiti da spezzoni di tubazione in PVC. Per evitare il danneggiamento della gàveta, a causa del dilavamento delle acque di piena cariche di sedimenti trasportati in sospensione e sul fondo, è stata prevista la realizzazione di una protezione in bolognini di pietra annegati nel getto in calcestruzzo, aventi dimensione media di circa 30 cm, vincolati alla struttura sottostante mediante bolzonatura di spezzoni di ferro d'armatura; analoga soluzione è stata adottata per il rivestimento di fondo della porzione di bacino di dissipazione realizzato in cemento armato.

La protezione di fondo del bacino di dissipazione è costituita da pietrame 100 – 2,000 kg con spessore pari ad 1.70 m, collocato su di un substrato 10 – 200 kg avente spessore di 40 cm, e funzione di filtro con il materiale che costituisce il fondo naturale del corso d'acqua.

A valle del bacino di dissipazione ha inizio la sistemazione idraulica dell'alveo del Bisagno.

7.3 Sistemazioni dell'alveo

In linea generale, l'intervento di sistemazione d'alveo ricalca quanto previsto nel Progetto defiitivo degli interventi ed in particolare nell'assegnazione delle quote di fondo alveo di progetto, supportate dai risultati delle simulazioni idrauliche effettuate sul modello fisico realizzato a suo tempo; in sostanza rispetto alle quote del fondo attuale del Bisagno che risulta fortemente sovralluvionato, viene effettuato un approfondimento compatibile con le fondazioni dei muri esistenti salvo i tratti in adiacenza all'opera di presa la cui realizzazione richiede di demolire una parte dei muri esistenti.

L'alveo del torrente Bisagno interessato dagli interventi di sistemazione, presenta una lunghezza di circa 350 m per il tratto a monte dell'opera di sbarramento e di circa 100 m a valle; la sistemazione dell'alveo, prevede una risagomatura del fondo alveo con una pendenza pari al 5 per mille e la realizzazione di una serie di soglie di fondo in c.a..

Tra le cinque soglie del Bisagno, a valle della vasca di dissipazione, è prevista la risagomatura della sezione di deflusso secondo una sagoma trapezia che prevede una base orizzontale a larghezza variabile (35-40 m), in funzione della distanza effettiva tra i muri di sponda esistenti e sponde di altezza pari a 3,5 m con scarpa 3/2 e raccordo orizzontale ai muri di sponda esistenti.

La sezione di posa della sistemazione di fondo alveo è costituita da uno strato di pietrame 10 – 200 kg avente spessore di 80 cm, mentre la difesa spondale è realizzata mediante la posa per uno spessore pari a 1.70 m, di pietrame di pezzatura sino a 2,000 kg, su un substrato di 40 cm di pietrame a minor pezzatura 10 – 200 kg.

A termine del tratto di sistemazione d'alveo in pietrame è prevista la realizzazione di uno sperone di immorsamento realizzato mediante la posa di uno strato pari a 1.70 m di massi di pezzatura sino a 2000 kg.

7.4 Opera di sbarramento

7.4.1 Opera principale di sbarramento

L'opera di sbarramento sul torrente Bisagno sarà ubicata poco a monte del ponte stradale Ugo Gallo e risulterà costituita da una traversa a tre luci di ugual larghezza, presidiate da tre rispettive paratoie a settore;

L'accesso alle paratoie e più in generale alla struttura nel suo complesso sarà garantita dalla presenza di due passerelle di accesso in carpenteria metallica e soletta in c.a.; completano l'opera, su una struttura in adiacenza alla sponda sinistra elevata in alveo, un edificio di controllo ed il manufatto per l'alloggiamento dei panconi.

L'opera di sbarramento sul torrente Bisagno è costituita da un manufatto in c.a. a pianta rettangolare di dimensioni 47.90 x 42.15 m, con spessore pari a 2 m. Le tre luci dello sbarramento, ove si prevede l'installazione di tre paratoie a settore ad asse orizzontale, sono separate da due pile con larghezza pari a 2 m, che sorreggono le due passerelle di servizio collocate a monte ed a valle delle paratoie.

La sagoma del manufatto di sbarramento, procedendo da monte verso valle nella medesima direzione dell'asse dell'alveo, prevede la quota di battuta delle paratoie a 38.17 m s.m., uno scivolo a valle delle paratoie che scende sino alla quota di 36.67 m s.m., ed una successiva risalita al fondo alveo a quota 38.12 m s.m. Le due pile che sorreggono le passerelle di servizio presentano una sagoma inclinata ed arrotondata nella parte a monte, con quota di estradosso di 45.40 m s.m., ed una sagoma nella parte a valle delle paratoie sempre arrotondata, ma collocata ad una quota di 40.07 m s.m.

La soletta inferiore dell'opera è rivestita di elementi lapidei squadrati di pietra di cava, cementati e vincolati mediante inghisaggio di barre metalliche; le estremità della platea sono protette con lamiere in acciaio inox.

7.4.2 Passerelle di servizio

Le passerelle di servizio, oltre ad assicurare la continuità tra le due sponde del corso d'acqua, permettono di eseguire le operazioni di ispezione e manutenzione delle opere elettromeccaniche, da condursi, quando ritenuto necessario, mediante la collocazione in alveo dei panconi appositamente predisposti ed alloggiati in un apposito manufatto posto sul piazzale in sinistra adiacente all'opera di sbarramento.

L'impalcato delle passerelle di servizio è realizzato in sistema misto acciaio-calcestruzzo; la struttura portante è costituita da 10 travi IPE600 in acciaio collegate trasversalmente da elementi angolari e controventi, semplicemente appoggiate ai setti in c.a. mediante appoggi in neoprene armato. La soletta superiore in c.a. è collegata alle travi mediante pioli tipo Nelson; su di essa è collocata la pavimentazione in conglomerato bituminoso e, lateralmente, il parapetto metallico. L'impalcato è completato dalla veletta prefabbricata in c.a. posta ai lati della soletta. Alle estremità delle campate sono posti giunti di scorrimento in gomma armata.

7.4.3 Sistemazione del piazzale

In sponda sinistra allo sbarramento è stata ricavata un'area dedicata alla gestione dell'intero impianto. Tale area ospita infatti un ampio piazzale con due ingressi: il primo, a monte, consente un agevole accesso all'edificio di controllo ed ai locali di servizio mentre il secondo consente l'ingresso di mezzi operativi per eventuali esigenze di servizio.

Il piazzale ha la pavimentazione in conglomerato bituminoso, formata da tre strati (base, collegamento e usura), posta su uno strato di fondazione in misto cementato; la fondazione è posata su terreno da rilevato adeguatamente costipato e rullato. All'interno del rilevato è realizzato il prolungamento dell'opera di scarico di un manufatto scatolare esistente posto sul muro di sponda, di dimensioni interne 2x2 m; tale prolungamento è realizzato in elementi prefabbricati in c.a. e termina in corrispondenza del muro in c.a. in sinistra di nuova realizzazione.

L'intera area è provvista di una recinzione perimetrale, lato via Adamoli e via Emilia, realizzata con grigliati antiintrusione; lato alveo sono previste le seguenti finiture:

- marciapiedi di servizio in elementi prefabbricati autobloccanti;
- sulla sommità delle opere in c.a., al fine di garantire l'adeguata sicurezza del personale di servizio, sono collocati parapetti metallici.

Al bordo del piazzale, lato alveo, è collocata una canaletta prefabbricata in c.a., con lastra metallica bugnata di copertura, per il passaggio degli impianti di servizio delle paratoie e dei cavi elettrici.

7.4.4 Edificio di controllo

L'edificio di controllo, all'interno del quale è previsto l'alloggiamento dell'impianto oleodinamico a servizio delle paratoie, delle unità di controllo, delle due unità dei gruppi elettronici e dei quadri elettrici, è ubicato in sponda sinistra del torrente Bisagno a pochi metri di distanza dalle passerelle di servizio poste in fregio all'opera di sbarramento. Si prevede di realizzare un edificio ad un piano della superficie complessiva coperta utile di circa 100 mq.

Sono previsti i seguenti locali:

- L-1: locale magazzino di circa 22,8 m^2
- L-2: locale magazzino di circa 17,3 m^2
- L-3: locale impianto oleodinamico di circa 22,8 m^2
- L-4: locale gruppo elettrogeno 1 di circa 13,1 m^2
- L-5: locale gruppo elettrogeno 2 di circa 13,0 m^2

Le strutture dell'edifico sono previste in cemento armato con maglia 4,83 x 4,83 m, con:

- pilastri da 30 x 30 cm collegati alla soletta sottostante dell'opera di presa e ad un cordolo perimetrale da 55 x 20 cm,
- travi a spessore in copertura.

Il solaio di copertura è in latero - cemento, mentre al piano terra è previsto un solaio ventilato con iglù e pavimento industriale in calcestruzzo.

Le murature esterne sono costituite da blocchi 20 x 20 x 50 cm in calcestruzzo faccia vista colorati splittati all'esterno e lisci all'interno, gli infissi di porte e finestre sono in lamiera zincata preverniciata.

La copertura piana è impermeabilizzata con doppia membrana bituminosa carrabile, per uno spessore complessivo di 8 mm, come finitura è stata prevista una pavimentazione galleggiante in quadrotte prefabbricate in cls, spessore 4 cm, dimensioni 40 x 40 cm. Il cordolo di copertura è rivestito con scossalina metallica colorata per garantire una protezione dalle intemperie.

Per quanto riguarda le partizioni interne, i muri di tamponamento sono costituiti da blocchi 20x20x50 cm in calcestruzzo faccia a vista lisci.

I due locali ove sono ubicati i gruppi elettrogeni devono essere rivestiti in cartongesso REI, e dovranno prevedere tutti gli accorgimenti necessari al fine di rispettare la normativa in materia di prevenzione incendi

7.4.5 *Muri di sponda*

In sponda destra, immediatamente a monte ed a valle dell'opera di sbarramento, è prevista la realizzazione di due muri di sponda che assieme alla spalla destra dell'opera di sbarramento determineranno la demolizione di un tratto di circa 145 m di muro di sponda esistente in destra; la ricostruzione del tratto di muro di sponda richiederà di realizzare una paratia di pali secanti a sostegno degli scavi in corrispondenza della sede stradale adiacente.

In sponda sinistra, a valle dell'opera di sbarramento, vengono inseriti dei muri in c.a. a sostegno del piazzale di servizio e del relativo rilevato; nel tratto adiacente ai muri di sponda esistenti tale muro è sormontato dalla rampa di accesso all'alveo.

7.4.6 *Manufatto di alloggiamento dei panconi*

Il manufatto di alloggiamento dei panconi è interrato a tergo dei muri in sinistra ed è realizzato in c.a.; nella parte fuori terra, sui lati più lunghi, la struttura in c.a. viene interrotta per posizionare verticalmente le griglie di aerazione, i cui montanti costituiscono il sostegno della copertura. Tale copertura è realizzata in lamiera grecata di alluminio, sostenuta da una struttura in carpenteria di acciaio; il collegamento con il manufatto di alloggiamento è garantito da fissaggi mediante bulloni disposti lungo i lati.

7.5 Opera di presa

L'opera di presa è collocata in alveo, in sinistra idrografica, all'incirca in corrispondenza dell'incrocio tra via Adamoli e via Merello.

L'opera di presa è costituita da un canale a cielo aperto a sezione rettangolare con larghezza variabile da un minimo di 6 m a monte, ad un massimo di 12 m a valle, posto in fregio alla sponda sinistra del corso d'acqua.

Lungo il muro di sponda del canale lato fiume, viene realizzato uno sfioratore laterale di lunghezza pari a 120 m, con profilo di sfioro di tipo Creager, provvisto di aeroforo lungo tutto lo sviluppo dello sfioratore, con bocca di presa collocata in corrispondenza del contatto tra il tratto curvo di monte e il muro di sponda.

Sul lato dello sfioratore posto a ridosso del muro di sponda sinistra esistente, è stato ricavato uno spazio protetto da parapetto, sufficiente per poter permettere l'accesso all'intera opera per l'espletamento delle ispezioni visive/manutentive ordinarie.

Al termine del canale di presa è stato inserito un salto di fondo, realizzato mediante uno scivolo sagomato con profilo Creager, seguito da una vasca di dissipazione e da una platea orizzontale, all'inizio della quale sono presenti due setti "di dissipazione"; l'imbocco della galleria scolmatrice avviene con stacco a 90° dalla parete sinistra, nella porzione di valle della platea. In questo tratto il canale è coperto da una soletta al di sopra della quale è prevista la realizzazione del piazzale di accesso e dell'edificio di controllo.

L'opera è realizzata mediante una paratia di pali di fondazione in c.a. di diametro 1200 mm, posti ad interasse 1.8 m, rivestiti internamente da una parete, anch'essa in c.a., di spessore pari a 50 cm collegata alla soletta inferiore del canale, di spessore pari a 1.25 m, a tratti rivestita in elementi lapidei squadrati cementati e vincolati mediante inghisaggio di barre metalliche; la paratia è vincolata al terreno retrostante con tiranti di ancoraggio permanenti in trefoli.

La copertura del canale nel tratto più a valle è realizzata con un impalcato piano, realizzato con travi prefabbricate in c.a.p. accostate, completato mediante soletta superiore in c.a. gettata in opera.

7.6 Passerella pedonale

La realizzazione degli interventi di sistemazione dell'alveo interferisce con la presenza delle pile di sostegno di una passerella esistente ad uso pedonale che consente il collegamento tra via Emilia e via

Adamoli; è quindi prevista la sua demolizione integrale e la sua ricostruzione nelle vicinanze seppure ad una distanza di circa 40 m a valle, rispetto alla posizione attuale.

La nuova passerella, caratterizzata da una luce unica tra le sponde, presenterà una larghezza utile pari a 2.50 m, sarà ad uso pedonale e sarà realizzata in carpenteria metallica, in acciaio Corten; la struttura è costituita da 2 travature reticolari ad arco ribassato collegate superiormente da elementi circolari cavi controventati, posti nella parte in cui l'altezza dell'arco è superiore a 2.5 m, e inferiormente da un complesso graticcio di traversi e controventi, posti su due piani, per garantire un'adeguate resistenza torsionale.

L'impalcato si appoggia su spalle in c.a. mediante appoggi in acciaio-teflon; le spalle, il cui fusto si collega ai muri di sponda esistenti, sono di tipo tradizionale, con fondazioni profonde su pali D=600 mm.

La pavimentazione della passerella è costituita da una lamiera in acciaio forata e bugnata, ai cui lati è posto il parapetto metallico.

8 OPERE IN SOTTERRANEO

8.1 Layout generale degli interventi

L'impianto progettuale prevede che la galleria scolmatrice sia scavata per la maggior parte con sistema meccanizzato, impiegando una TBM da roccia di tipo aperto.

Lo stato dei luoghi (limitatezza delle aree disponibili nel contesto densamente urbanizzato), unitamente alle necessità costruttive (allineamento del tracciato) ed alle esigenze strettamente connesse alla logistica di cantiere per l'assemblaggio della fresa hanno determinato la scelta di collocare in sotterraneo gli spazi adibiti all'assemblaggio stesso. In particolare si è reso necessario prevedere un camerone di montaggio posizionato lungo il tracciato della galleria scolmatrice la cui posizione consentisse di massimizzare il tratto di galleria sul quale avanzare appunto con lo scavo meccanizzato. Tale presupposto ha pertanto dettato l'individuazione del tracciato della Finestra di servizio tramite la quale accedere dall'area di cantiere ubicata presso l'ex- canile comunale al camerone medesimo: la scelta dell'allineamento della finestra ha assecondato altresì le ovvie esigenze legate alla limitazione dello sviluppo dello scavo in tradizionale (in ragione di una riduzione dei tempi e dei costi di realizzazione) nonché la necessità di seguire il corridoio di passaggio preferenziale individuato in corrispondenza dell'edificio scolastico di Via Terpi. La Finestra di servizio presenta pertanto uno sviluppo pari a m 368, sino all'attacco dello scavo del camerone di montaggio TBM.

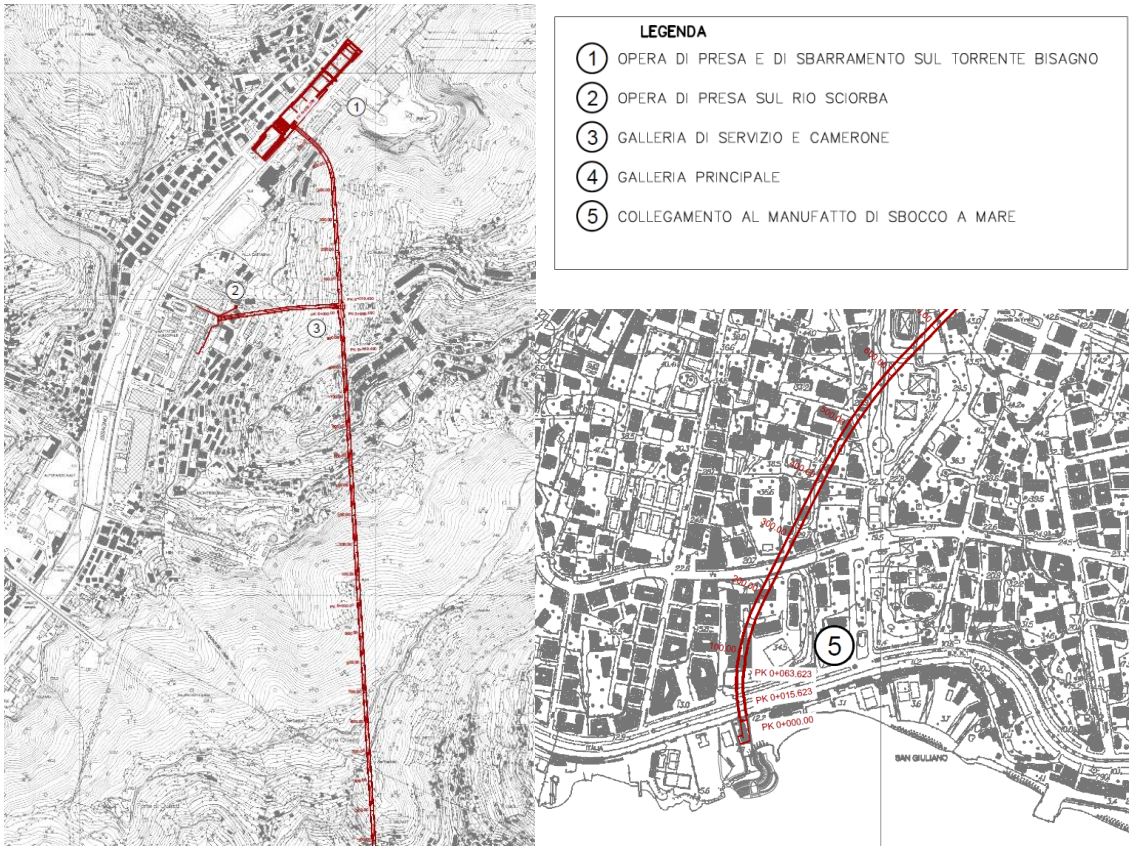


Figura 8-1 – Inquadramento generale dell'intervento

Le geometrie del camerone di montaggio sono state definite congruentemente con l'esigenza di disporre di idonei spazi e volumi per l'assemblaggio della fresa; è prevista in particolare l'installazione di un carroponte di ingombro trasversale prossimo ai 17.00 m ed altezza nell'ordine dei 16.00-17.00 m. Il lancio della fresa, ad assemblaggio effettuato, richiede l'apprestamento di un tratto di galleria di lunghezza

sufficiente ad ospitare il corpo macchina e la serie dei carri di back-up (allestimento con sviluppo complessivo pari a 130-140 m): è stata pertanto prevista la realizzazione con metodo tradizionale di scavo della cosiddetta camera di lancio, per una estensione di 120 m dalla parete sud del camerone di montaggio.

Dal camerone sarà avviato lo scavo del tratto di galleria scolmatrice sino allo sbocco sul Bisagno (ovvero la cosiddetta tratta di monte), per uno sviluppo complessivo di m 5786. Lo scavo in roccia avverrà con metodo tradizionale e prevalente ricorso ad esplosivo, salvo l'applicazione del metodo di scavo denominato SUPERWEDGE nella tratta a più basse coperture in corrispondenza di via Merello; tale metodologia operativa, basata sul principio del cuneo spaccaroccia, è stata specificatamente sviluppata per la demolizione di roccia con minimizzazione delle problematiche connesse all'emissione di rumore, vibrazione e polveri (dinamica di abbattimento basata sull'inserimento di cunei in fori con la conseguente formazione di fratture). Il settore terminale della galleria lungo Via Merello, l'innesto di quest'ultima su Via Adamoli, compreso il sotto attraversamento della stessa Via Adamoli, sarà scavato entro i riporti antropici soprastanti la coltre detritico-alluvionale in posto: lo scavo avanzerà pertanto, mediate mezzi meccanici ordinari, ricorrendo a sezioni tipo caratterizzate da importanti interventi di consolidamento /preconsolidamento e presostegno del cavo, in considerazione del modesto ricoprimento e della presenza della viabilità di superficie. L'abbattimento dell'ultimo diaframma sulla vasca di dissipazione avverrà ad ultimazione delle lavorazioni su tutto lo sviluppo della galleria scolmatrice fino a mare (incluso la tratta scavata con fresa), eliminando in tale maniera qualsiasi fattore di rischio indotto dalla potenziale connessione idraulica del cantiere in sotterraneo con l'alveo del Bisagno.

Lo scavo con fresa TBM si svilupperà per m 5785 dalla testata della camera di lancio per innestarsi sul breve tratto di galleria scavato con metodo tradizionale, da mare, al di sotto di C.so Italia e del Forte San Giuliano. Quest'ultimo settore si estende per m 50 c.a.; la scelta progettuale di intervenire con tecnica tradizionale di scavo è discesa dalla delicatezza del contesto, caratterizzato da modestissime coperture in corrispondenza dell'asse stradale di C.So Italia e del Forte San Giuliano, unitamente alla constatazione delle specifiche condizioni geomeccaniche dell'ammasso interessato dallo scavo nonché della natura dei materiali di riporto sotto il sedime di C.so Italia. Sono state infatti previste sezioni di avanzamento caratterizzate da interventi di consolidamento e preconsolidamento/presostegno al contorno ed al fronte, molto più efficacemente attuabili con metodo di scavo tradizionale piuttosto che con sistema meccanizzato.

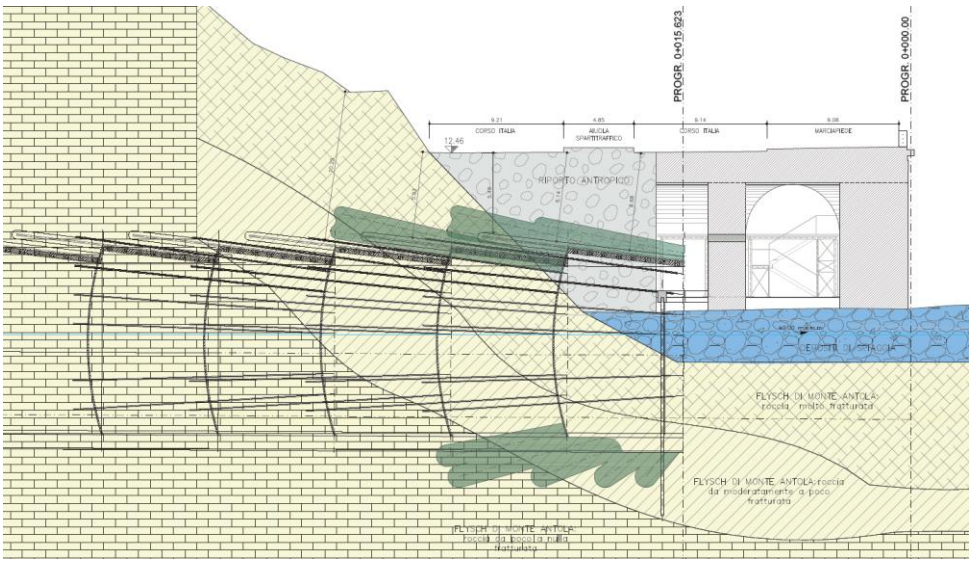


Figura 8-2 – Profilo longitudinale scavo in tradizionale galleria scolmatrice – tratta a mare (sotto attraversamento C.so Italia)

8.2 Finestra di servizio ed opere di imbocco

L'imbocco della Finestra di Servizio è collocato presso l'ex area canile municipale; tale area è stata individuata dalla committenza come zona di accantieramento principale per la realizzazione di tutte le opere in sotterraneo. Allo stato attuale (ante operam) il sito presenta una morfologia parzialmente pianeggiante (settore inferiore occupato dai fabbricati dell'ex canile), con zona terrazzata superiore destinata a deposito materiali (Aster Genova); verso monte si estende la scarpata naturale parzialmente ricoperta da riporto antropico (come risultato dalle indagini geognostiche condotte in posto nell'ambito della presente fase di redazione del PE) sulla quale si impostano le opere di contenimento dei terrapieni sui quali si è sviluppata la soprastante urbanizzazione di Via Terpi (in particolare l'edificio scolastico di Via Terpi 24 e la parrocchia di San Michele Arcangelo. Vanno segnalati in questa sede gli aspetti di rischio geomorfologico riguardanti il versante di Via Terpi, come riferito dal servizio geologico del Comune e riportato nelle carte del PAI - identificata nello specifico area con franosità quiescente – classe elevata di suscettività al dissesto – Pg3a. In ragione del contesto sopra delineato, per la realizzazione del piazzale di imbocco e l'area di cantiere generale si è individuata nell'esecuzione di una paratia di pali trivellati, multi-tirantata, la soluzione progettuale in grado di offrire idonee garanzie di presidio del versante e dei fabbricati nella possibilità di massimizzare l'area da destinare agli apprestamenti di cantiere, allo stoccaggio temporaneo dello smarino ed agli impianti per il trattamento dello stesso ai fini del riutilizzo nell'ambito dell'intervento stesso (produzione inerte da calcestruzzo e materiale per ripascimento spiagge litorali di Ponente e Levante).

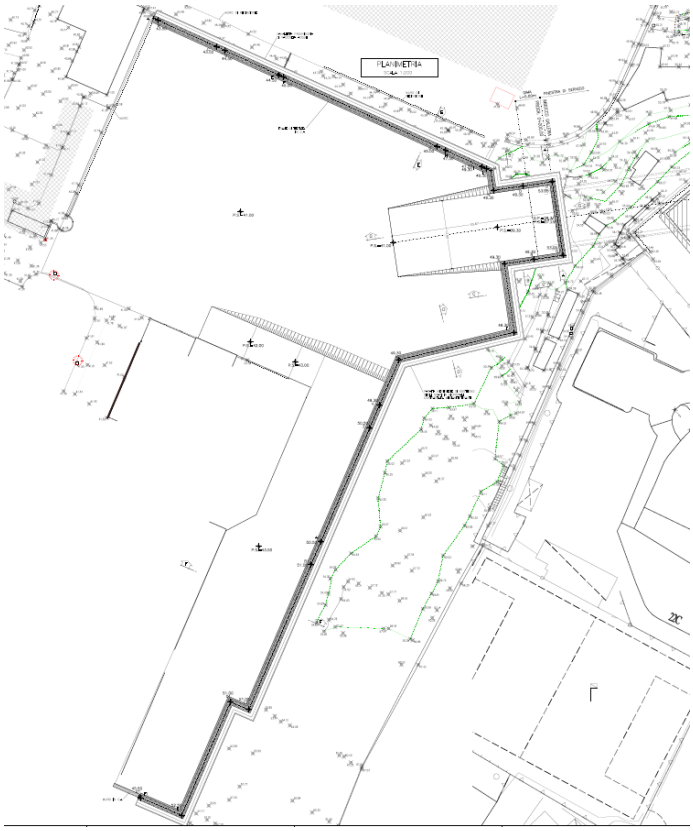


Figura 8-3 – Planimetria di inquadramento paratia di imbocco cantiere principale ex canile

Nella presente fase di progettazione sono state condotte indagini geognostiche, sia di tipo diretto (sondaggio a carotaggio continuo SEB1) che di tipo indiretto (coppia di stendimenti sismici a rifrazione

lungo la direzione di sviluppo principale delle opere) per mezzo delle quali è stato possibile ricostruire l'assetto stratigrafico locale, accertando in particolare la profondità del tetto del substrato roccioso costituito dal Flysch del Monte Antola (in facies alterata – cappellaccio). E' emerso nello specifico un quadro particolarmente articolato con riferimento alla potenza delle coltri (sia di natura antropica che originarie, in posto): localmente, in corrispondenza dell'opera di sostegno, si sono rilevati spessori di coltre sino a 8-9 m dal piano campagna; la restituzione tomografica delle onde elastiche di compressione e di taglio ha evidenziato altresì la modesta qualità meccanica del cappellaccio di alterazione del substrato.

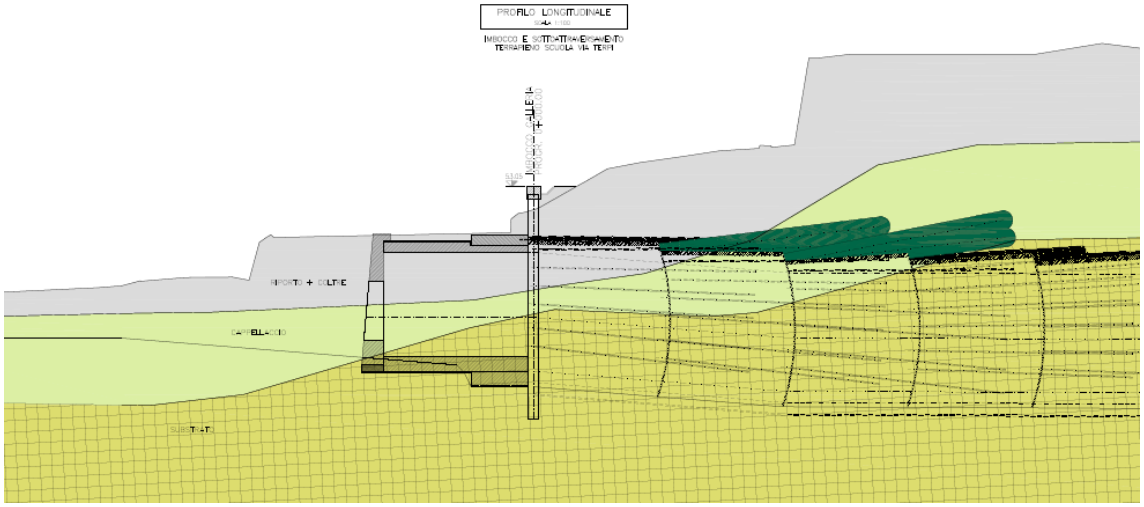


Figura 8-4 – Profilo longitudinale finestra di servizio – tratta di imbocco

Tali elementi geologici, congiuntamente alla delicatezza del contesto di intervenendo per quanto attiene al tema pre-esistenze e rischio geomorfologico, hanno determinato il ricorso a paratie di pali di medio-grande diametro in luogo di berlinesi di micropali. Sono stati previsti altresì più ordini di ritegni costituiti da tiranti a 4 trefoli da 0.6", con passo orizzontale di 3 m allo scopo di limitare fortemente il campo deformativo dell'opera sia sotto la condizione di carico statica che sismica.

La geometria dell'opera si presenta essenzialmente lineare in pianta, salvo prevedere specifica rientranza in corrispondenza dell'imbocco della finestra, necessaria al raggiungimento di un adeguato ricoprimento in calotta per l'attacco dello scavo in naturale. Le pareti dell'opera, in tale limitato settore, saranno sostenute da elementi tipo puntone (unico ordine sommitale); tale configurazione è stata dettata altresì dall'adiacenza del muraglione di sostegno a tergo degli spazi logistici di pertinenza dell'edificio delle Poste; tale manufatto rende impraticabile ogni intervento di tirantatura che possa geometricamente interferire con lo stesso, richiedendo bensì la progettazione di idonei interventi di consolidamento del terreno a tergo, operati da piano campagna (trattamenti colonnari di iniezioni con tubi a manchettes), allo scopo di incrementare le doti meccaniche del materiale imposto e ridurne l'effetto spingente sull'ala di paratia adiacente al muraglione in oggetto.

L'opera, nel suo sviluppo, interferisce con i manufatti idraulici presupposti all'intercettazione del rio che solca la scarpata a monte dell'area (immediatamente a valle del muro che sostiene il terrapieno dei locali parrocchiali) nonché con l'esistente intubamento del fosso Sciorba: in corrispondenza di tali manufatti è prevista la limitazione della lunghezza dei pali trivellati e la predisposizione di elementi strutturali di ripartizione / distribuzione delle azioni sollecitanti sui pali limitrofi aventi lunghezza integrale.

Planimetricamente la finestra di servizio presenta un tracciato sostanzialmente rettilineo, con innesto in retto sul camerone di montaggio della TBM. Da un punto di vista altimetrico, la progettazione della livelletta è stata mirata al raggiungimento quanto più rapido di idonei ricoprimenti per il sotto-attraversamento dell'edificio scolastico di Via Terpi e del relativo muraglione di sostegno del terrapieno sul

quale esso si imposta. Tale edificio è stato oggetto - negli anni 2001-2002 – di un intervento di sottofondazione operato per mezzo di micropali, posti perimetralmente all'ala sud-est del fabbricato medesimo. Di tale intervento è stato possibile recuperare la documentazione progettuale: gli elementi scaturiti dall'esame della stessa hanno quindi guidato la progettazione del profilo altimetrico dell'opera nel suo primo settore, introducendo una livelletta all'8% su uno sviluppo di m 20, seguita da un tratto con pendenza pari all'1% (per ulteriori 90 m ca), prima di raccordarsi alla livelletta unica del 3% mantenuta sino all'innesto con il camerone di montaggio TBM. Tale configurazione altimetrica della galleria di servizio sarà mantenuta per una prima fase operativa di transito dei mezzi per il trasporto dei componenti della TBM (sino al camerone di montaggio), mentre una livelletta più dolce (con primo tratto al 4%, in sostituzione della discenderia all'8% originario) sarà approntata per l'allestimento operativo del cantiere per lo scavo meccanizzato, dovendosi predisporre la sede per l'alloggiamento del doppio binario che servirà la macchina durante l'avanzamento. Tale profilo longitudinale sarà mantenuto anche nell'esercizio della finestra di servizio che, come da richiesta della committenza, fungerà contestualmente da accesso per manutenzione dell'opera idraulica e recapito alla galleria scolmatrice delle acque derivate dal Fosso Sciorba durante gli eventi di piena.

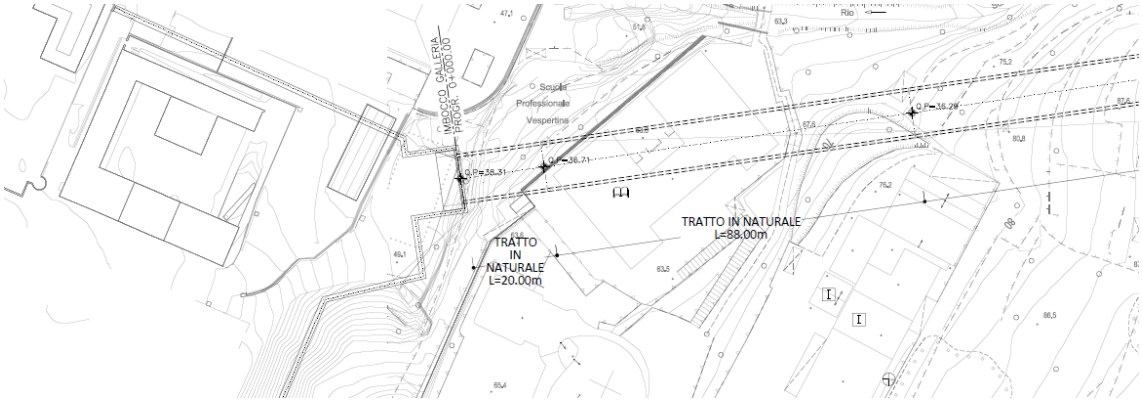


Figura 8-5 – Planimetria finestra di accesso

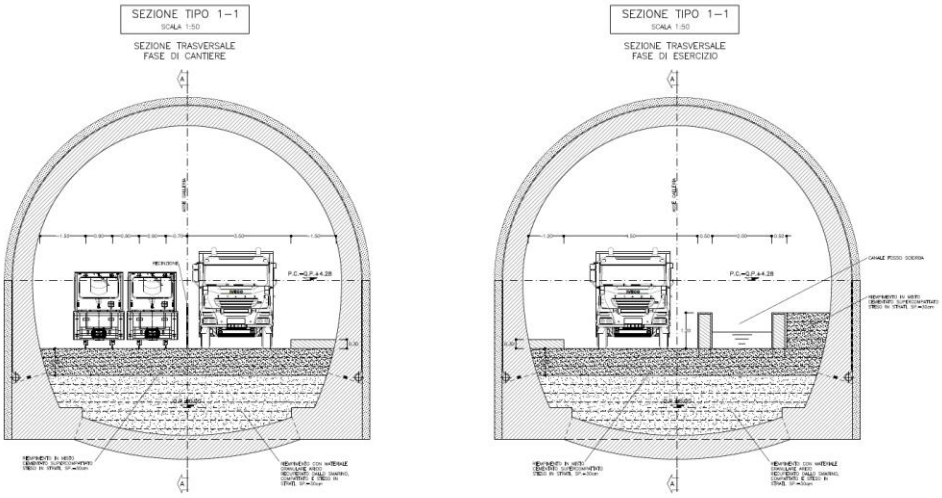


Figura 8-6 – Sezioni trasversali funzionali finestra di accesso – fase di cantiere

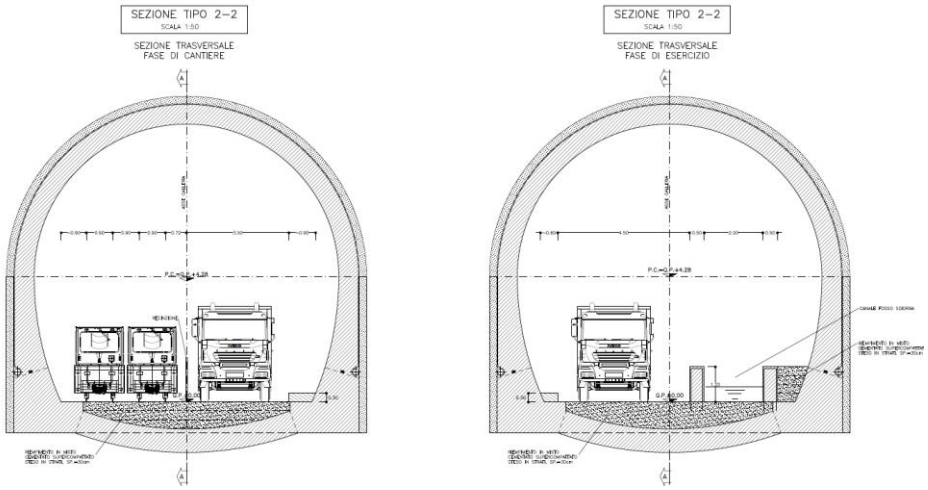


Figura 8-7 – Sezioni trasversali funzionali finestra di accesso – fase di esercizio

Per il completamento dell'opera è prevista la realizzazione di un tratto di galleria artificiale in prosecuzione della finestra di accesso, su uno sviluppo di m 20 c.a. (ad occupare la rientranza presente lungo il profilo della paratia di sostegno del versante) entro la quale sarà approntato il manufatto a pozzo per il collegamento del canale di scolmo superficiale (che staccandosi dall'incisione del Fosso Sciorba si porta sulla verticale del pozzo medesimo) ed il sottostante bacino di dissipazione dal quale prende avvio la canalizzazione di recapito delle acque verso la confluenza localizzata all'innesto della Finestra sul camerone.

L'opera di sostegno e la conformazione del nuovo piazzale ricavato a valle della medesima (su due livelli, il principale alla quota +41.00 m s.l.m. e l'appendice di Sud-est alla quota +43.50 m s.l.m.) saranno restituite con funzionalità di opere definitive al termine dei lavori, come da richiesta della committenza. Sono stati pertanto previsti - in questa sede - specifiche lavorazioni per il completamento e la finitura dei paramenti dell'opera, costituite in particolare da getti in opera per il placcaggio delle palificate tirantate, in allineamento con l'aggetto del cordolo di testa. Saranno predisposte apposite tasche per il ritesaggio eventuale delle tirantature, durante la vita utile dell'opera (assunta nello specifico pari a 100 anni, coerentemente con la natura strategica dell'intervento in oggetto).

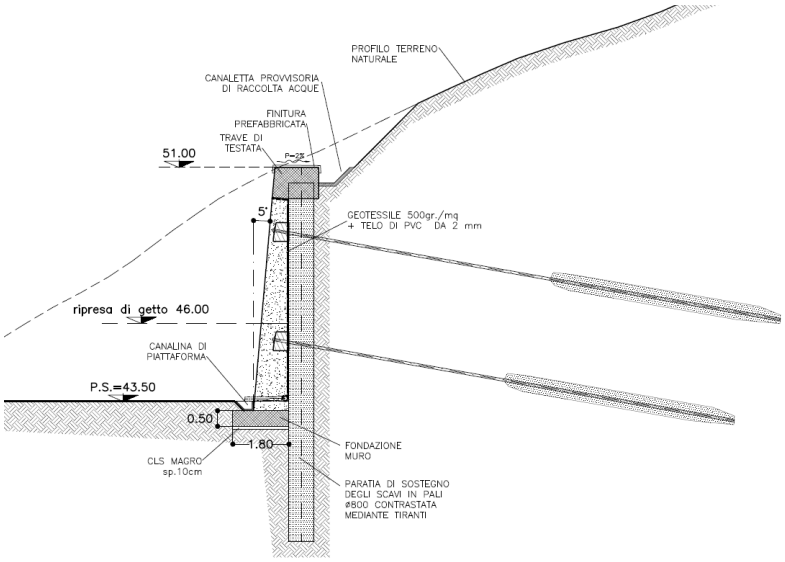


Figura 8-8 – Paratia di imbocco – sezione trasversale tipo sistemazione finale

Preliminarmente all'attacco dello scavo della finestra sarà portato a termine specifico intervento di consolidamento della coltre detritica (caratterizzata da composizione da granulare grossolana – più superficiale - ad argillo-sabbiosa nella parte basale sino alla profondità di ca 8-9 m da p.c.), realizzato da piano campagna sull'impronta dello scavo, ovvero nell'area compresa fra la paratia di testa e la base del muraglione di sostegno del terrapieno (laddove si estende fisicamente il concio di attacco dello scavo). Sono previste nello specifico trattamenti colonnari con iniezioni operate da tubi a manchettes, estesi sino al tetto del cappellaccio di alterazione.

Con riferimento alle attività di scavo si precisa come la realizzazione del concio di attacco richiederà l'installazione di elementi di presostegno della calotta (tubi metallici valvolati) e di consolidamento del fronte, specialmente nella porzione medio alta dello stesso interessata dalla presenza dei detriti a composizione granulometrica medio–fine. I successivi campi di scavo, estesi sino all'altezza del muraglione di sostegno del soprastante terrapieno, prevedono - ad integrazione degli interventi precedentemente descritti - la realizzazione di una doppia corona di iniezioni al contorno finalizzate al consolidamento preventivo del terreno di fondazione del muraglione. A tale proposito si segnala come nell'ambito delle attività propedeutiche alla progettazione esecutiva siano stati condotti saggi di scavo mirati a portare alla luce la zattera di fondazione dell'opera nonché alla verifica dell'eventuale presenza di pali di fondazione connessi alla medesima. Gli scavi completati hanno esposto l'intradosso della zattera, restituendo spessori strutturali del manufatto pari a ca 1.50 m. Le attività di indagine hanno previsto quindi lo scalzamento alla base della zattera, su un settore limitato (sviluppo nell'ordine del metro), spinto sino alla profondità di 1.50 m rispetto al filo di valle della zattera stessa. Il saggio realizzato come sopra descritto non ha nello specifico restituito alcuna evidenza che lasciasse presupporre la presenza di pali di fondazione.

8.3 Camerone di montaggio TBM e camera di lancio

L'opera predisposta per l'assemblaggio della fresa è stata calibrata geometricamente sulle necessità logistiche specifiche per il montaggio della macchina, ovvero sulle dimensioni del carroponte per la movimentazione dei singoli componenti. L'impianto progettuale prevede che tale funzione venga esplicata all'interno della cavità rivestita con mezzi di sostegno provvisionali (bullonatura radiale costituita da barre dywidag autoperforanti e spritz beton di spessore congruo con le dimensioni dello scavo): in tal senso si è considerato come la qualità media dell'ammasso interagente con l'opera, nonché l'assetto strutturale geomeccanico dello stesso, restituito dalla coppia di stendimenti sismici a riflessione appositamente realizzati a cavallo dell'opera, fossero compatibili con tale soluzione tecnica, anche nel prosieguo delle attività di scavo della tratta di galleria scolmatrice verso monte (con metodo tradizionale) e verso valle (con sistema meccanizzato). Il completamento dei rivestimenti definitivi al termine delle attività di scavo della galleria scolmatrice (cls gettato in opera su spessori strutturali commisurati alle dimensioni dell'opera) consente importanti ottimizzazioni in termini di volumi di scavo (in ragione dei ben precisi vincoli geometrici richiesti alla sagoma interna per il montaggio TBM), ovvero di tempi e costi per il completamento del camerone stesso.

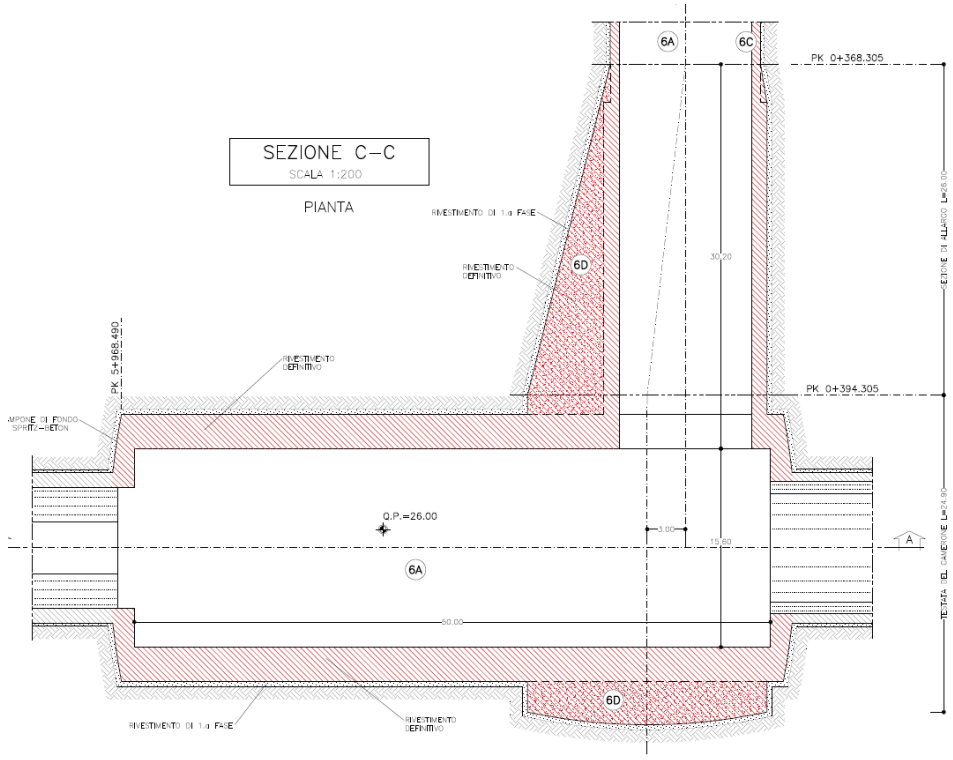


Figura 8-9 – Camerone di montaggio TBM – planimetria d'insieme

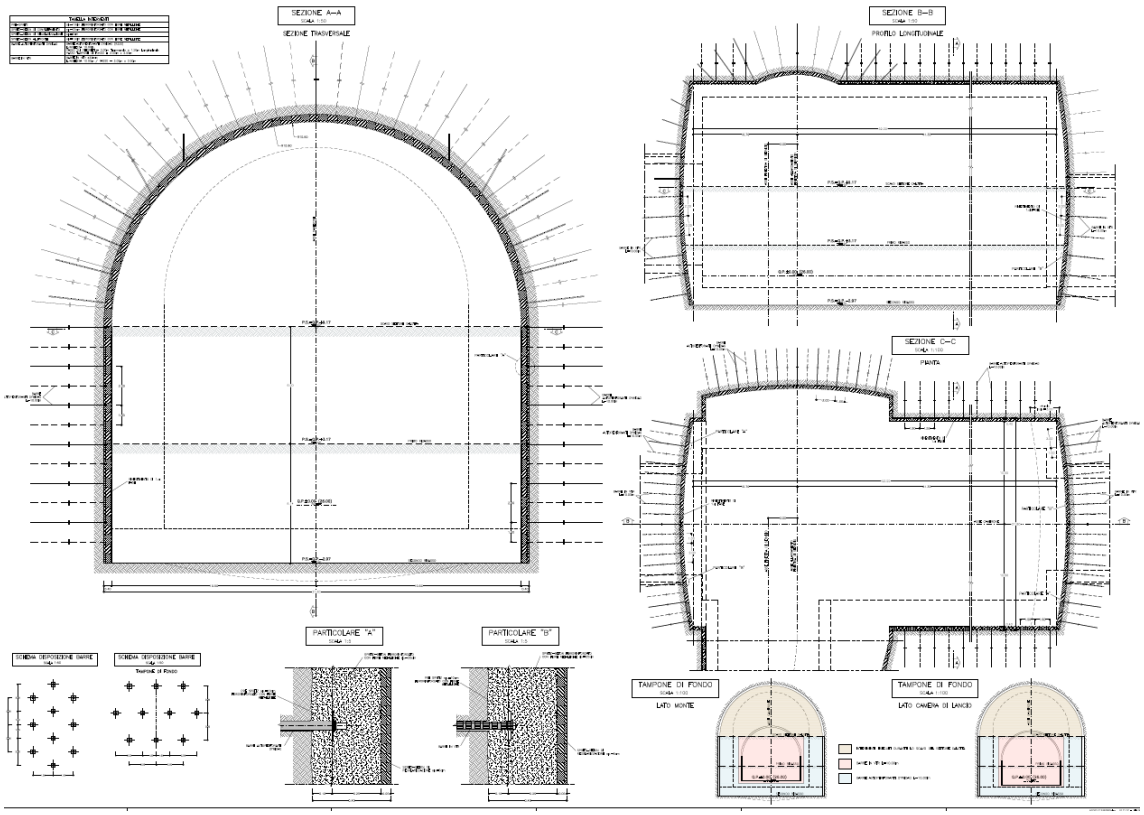


Figura 8-10 – Camerone di montaggio TBM – sezione tipologica interventi di sostegno provvisionale

Ad assemblaggio TBM completato, all'interno del camerone sarà allestita la centrale di betonaggio per la produzione dei calcestruzzi dei rivestimenti definitivi dell'intera galleria scolmatrice (sia tratta di monte verso l'alveo Bisagno che la tratta di valle verso lo sbocco a mare).

La camera di lancio, necessario per l'approntamento della TBM nella sua configurazione operativa di scavo (compressiva quindi dei carri di back-up in linea), presenta uno sviluppo nell'ordine dei 120 m. Il rivestimento definitivo della stessa sarà realizzato dopo il passaggio della fresa, secondo le modalità ordinarie previste per il getto dei rivestimenti definitivi nella tratta scavata con sistema meccanizzato (si veda in seguito)

8.4 Galleria scolmatrice – scavo in tradizionale (tratta a monte camerone)

La tratta di galleria scolmatrice posta a monte del camerone di montaggio sarà scavata prevalentemente entro la formazione del Fliysch del Monte Antola, su una lunghezza prossima ai 650 m, ricorrendo alla sezione tipo prevalente semplicemente bullonata (sezione tipo Ab).

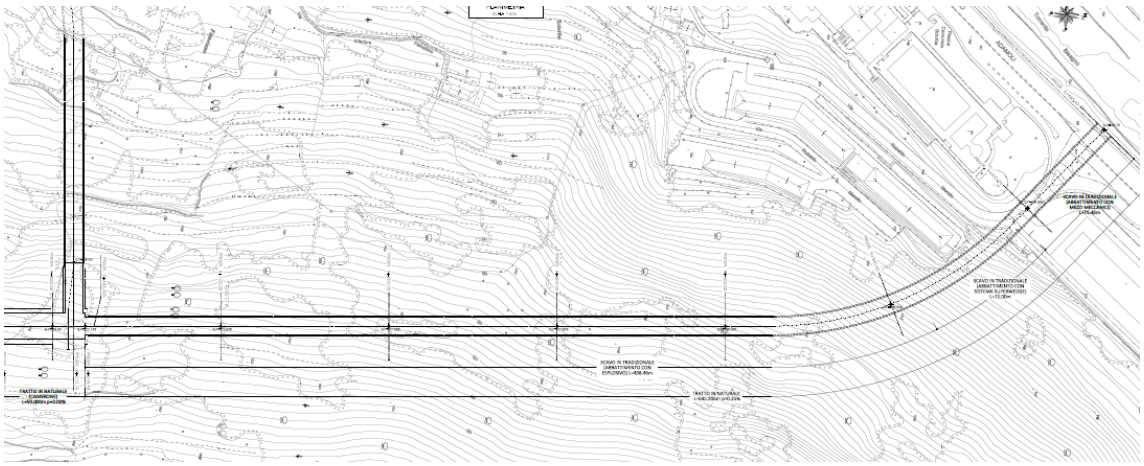


Figura 8-11 – Galleria scolmatrice - tratta di monte

Lo scavo avverrà prevalentemente ricorrendo a sistema di abbattimento con esplosivo; solamente in corrispondenza del passaggio sotto gli edifici residenziali di Via Merello si adotterà la tecnica del superwedge, minimizzando in tal modo l'impatto in termini di propagazione delle onde sonore e vibrazionali verso la superficie. Di particolare delicatezza è il passaggio della galleria al di sotto della arteria stradale di Via Adamoli. Il sotto attraversamento avviene con ricoprimenti nell'ordine dei 3-4 m, ed interesserà la successione stratigrafica che vede, superficialmente, la presenza dei riporti antropici risalenti alle pregresse fasi di urbanizzazione della sponda sinistra della valle Bisagno, quindi, con profondità crescente gli orizzonti di origine detritico alluvionale e, alle maggiori profondità (indicativamente la parte bassa del fronte e l'arco rovescio), il cappellaccio di alterazione del substrato. Lo scavo procederà pertanto applicando 5 campi caratterizzati da intensità di interventi di consolidamento / preconsolidamento del contorno del cavo e del fronte crescente, con l'aumentare della porzione di galleria interagente con i riporti antropici e le coltri. L'intervento di preconsolidamento e presostegno in avanzamento è costituito da un ombrello di jet grouting colonnare diametro 600 coadiuvato da infilaggi metallici valvolati. Solamente l'ultimo campo in corrispondenza delle due corsie direzione centro città prevedrà il ricorso ad iniezioni al contorno (doppia coronella) a bassa pressione tramite tubi a manchettes, stante la presenza del cunicolo impianti che corre lungo la medesima carreggiata direzione sud di via Adamoli.

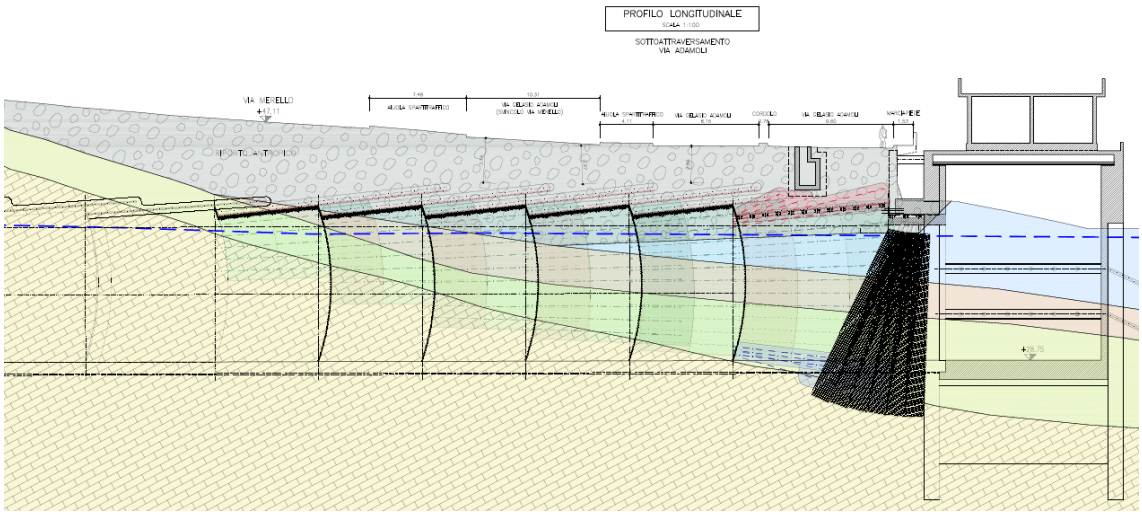


Figura 8-12 – Galleria scolmatrice tratta di monte – profilo interventi di scavo e consolidamento

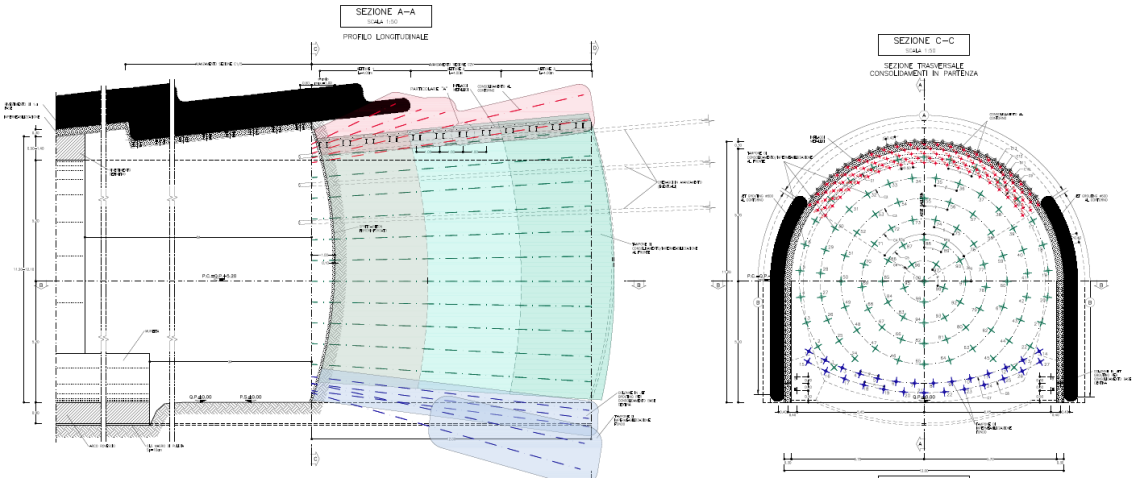


Figura 8-13 – Galleria scolmatrice tratta di monte - sezione tipologica di scavo e consolidamento sotto la carreggiata stradale di Via Adamoli



Figura 8-14 – Galleria scolmatrice tratta di monte - stralcio planimetria su fotopiano

L'abbattimento dell'ultimo diaframma per il completamento della tratta da camerone al Bisagno avverrà ad opera ultimata fino allo sbocco a mare e relativo cantiere TBM / opere di sbocco a mare completate, onde evitare qualsiasi tipo di rischio alluvione per il cantiere in sotterraneo. Va segnalato come lo scavo dell'ultimo diaframma interferisca con l'opera di sostegno presente lungo via Adamoli e costituente il miro spondale. Lo scavo richiederà in particolare la demolizione della zattera di fondazione e di una porzione del paramento frontale, pertanto , preliminarmente al completamento della galleria nel suo ultimo tratto , si rende necessaria l'attuazione di un consolidamento dal piano alveo al di sotto della fondazione del muro medesimo (trattamento colonnare jet grouting) ed il trasferimento del carico dall'attuale fondazione ad un cordolo superiore innestato sul paramento da un lato e rigidamente connesso alla testata della paratia che delimita il bacino di dissipazione dall'altro. E' previsto altresì un ordine di puntoni a contrasto della testa del muro spondale.

8.5 Galleria scolmatrice – Scavo in meccanizzato

La tratta di galleria scolmatrice che si estende dalla camera di lancio allo sbocco a mare sarà scavata con metodo meccanizzato adottando una fresa da roccia di tipo aperto, su uno sviluppo di 5876 m. Si raggiungono coperture massime dell'ordi ne dei 280 m in corrispondenza del rilievo di torre Quezzi. Gran parte della tratta cittadina presenta ricoprimenti prossimi ai 30 m, fatta eccezione per gli ultimi 2000 m verso lo sbocco a mare laddove lo spessore di roccia in calotta scende su valori prossimi ai 10 m in corrispondenza del complesso di edificazioni insistenti sull'area del forte San Giuliano. E' previsto il passaggio al di sotto della linea storica RFI Genova – La Spezia, con spessore di roccia compresa fra la calotta dello scolmatore ed il basamento dei piedritti della doppia galleria attorno agli 8 m. In previsione futura si segnala il sovrappasso dello scolmatore ad opere delle gallerie ferroviarie del quadruplicamento ferroviario Genova – La Spezia (ricoprimento in roccia fra calotta scolmatore ed arco rovescio delle gallerie ferroviarie bell'ordine dei i2 m); esso ricade nel conteso geologico del graben di Terralba; tale elemento progettuale richiederà la predisposizione di sezioni speciali in quanto ad armatura dei rivestimenti definitivi dell'opera oggetto della presente progettazione.

La scelta della macchina di tipo aperto è discesa dall'esame delle condizioni geomeccaniche dell'ammasso ritenute congrue con il campo di applicazione tipico di tale tipologia di macchine. In particolare la qualità dell'ammasso e le caratteristiche di fratturazione dello stesso per l maggior parte dell'estensione della tratta consentono di considerare una tipologia di intervento prevalente costituito dall'applicazione di chiodatura radiale tipo bullone Superswellex e rete elettrosaldata pertanto ottimizzando l'avanzamento con tale tipologia di macchina. L'adozione di una macchina di tipo aperto da roccia, resa possibile dal presupposto geomeccanico di cui sopra, porta con se la possibilità di gestione efficacemente la gestione dello smarino ed in particolare il riutilizzo dello stesso ai fini della produzione dell'inerte per calcestruzzo (non possibile nel caso dell'utilizzo di frese ti tipo monoscudato/doppio scudato che presuppongono l'avvio della produzione dei conci con largo anticipo rispetto all'avanzamento dell'attività di scavo, impossibilitando pertanto il riutilizzo del materiale proveniente e dallo smarino). In tal senso si precisa come la litologia scavata, in particolare la facies calcarea del Flysch del monte Antola abbia caratteristiche idonee alla produzione di inerte per cls, soddisfacendo appieno il fabbisogno dello stesso. Altro elemento migliorativo caratterizzante l'impiego della fresa di tipo aperto rispetto alle frese di tipo scudato è l'eliminazione della necessità di approvvigionare il cantiere tbm con conci nonché lo stoccaggio dei medesimi nella 'area del cantiere di imbocco; nel caso specifico ce la cantiere principale ubicato presso l'ex canile comunale si è ritenuto assai difficoltoso il poter procedere con un approvvigionamento costante dei conci che consentisse di seguire le esigenze della produzione nè si riuscisse a garantire idonei spazi per lo stoccaggio del materiale.

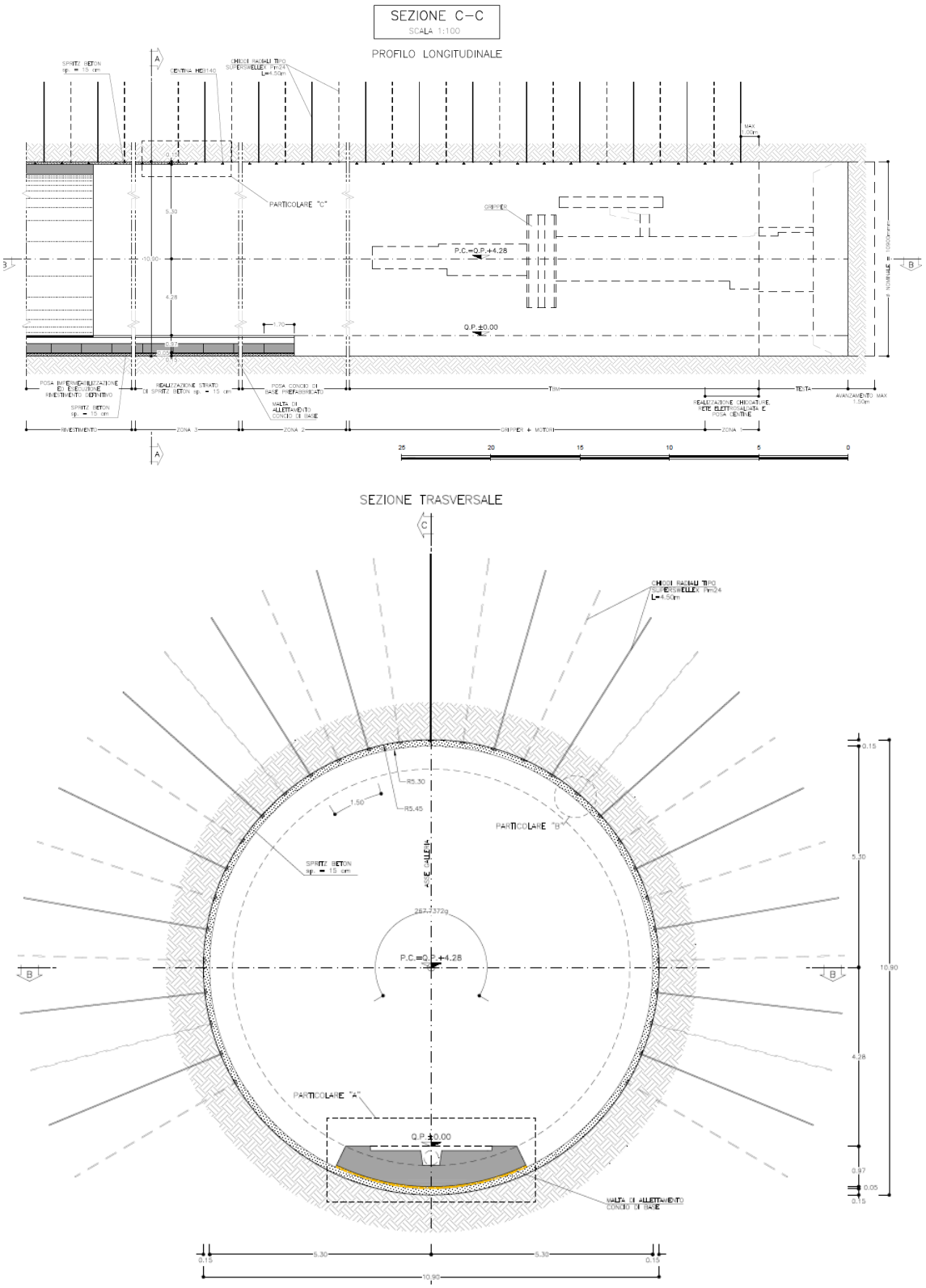


Figura 8-15 – Galleria scolmatrice – tratta scavata con sistema meccanizzato – Profilo longitudinale e sezione tipo interventi di sostegno provvisionale

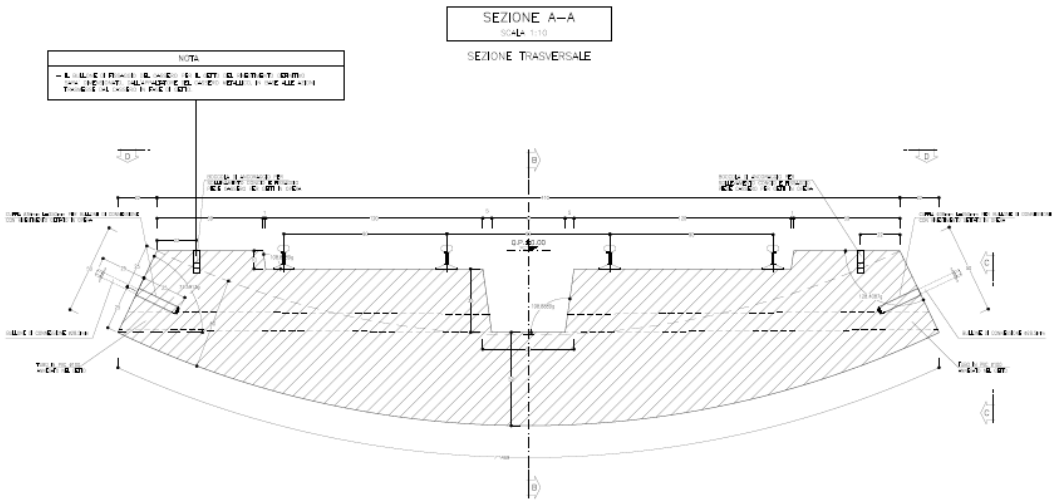


Figura 8-16 – Galleria scolmatrice – tratta scavata con sistema meccanizzato – carpenteria concio di base

Lo scavo con fresa (diametro nominale della testa pari a 10700 mm) è previsto procedere con una velocità di avanzamento media attorno ai 20 m giorno. La sezione tipo principale applicata è prevista essere quella bullonata con rete elettrosaldata. Localmente, laddove il contesto geomeccanico possa determinare fenomeni di convergenza del cavo più sensibili, sarà fatto ricorso a sostegni full round per la chiusura del cavo a tergo della testa di scavo, in particolare a centine e blindaggi metallici tipo Liner plates. In corrispondenza della tratta da scavarsi nelle formazione delle argilliti di Montoggio e delle faglie presenti a lungo il percorso saranno applicate sezioni di scavo e consolidamento più pesanti che prevedono il ricorso ad interventi di consolidamento dell'ammasso in avanzamento rispetto alla testa di scavo. Trattasi di coronelle di iniezioni cementizie operate da tubi a manchettes, spinti per una lunghezza di 20 m dalla posizione di perforazione. Sistematicamente lo spritz beton di completamento, per tutte le sezioni tipo, sarà applicato con sistemi robotizzati alla distanza di circa 40-50 m dal fronte di scavo, successivamente all'installazione del concio di base in c.a.p. (lunghezza del singolo concio 1.70 m). Il concio di base presente geometria e conformazione superficiale funzionale alla installazione del doppi o binari a servizio della fresa. E' presente inoltre un canale centrale per la raccolta delle acque di infiltrazione dall'ammasso ed il collettamento delle stesse versi il fronte di avanzamento (la pendenza della galleria è infatti a scendere nella direzione di avanzamento dello scavo). Al fronte sarà presente idonea stazione di pompaggio per l'allontanamento delle acque verso il portale di imbocco, finestra di servizio.

Il rivestimento definitivo della galleria sarà gettato in opera e seguirà con velocità media stimata in di 12 m/giorno di getto la fresa ed i carri di back-up. Le operazioni di installazione del manto in PVC, dell'assemblaggio della gabbia di armatura e della casseratura saranno attuate per mezzo di uno speciale carro. Le operazioni di getto saranno servite dalla centrale di betonaggio installata all'interno del camerone; l'approvvigionamento avverrà tramite una coppia di treni composti da un numero di train mixer sufficiente alla fornitura di 190 mc di cls. Lo spessore ordinario dei rivestimenti definitivi è di 50 cm; un incremento a 55 cm è previsto in corrispondenza dei medesimi passaggi geologici entro i quali si rende necessario il ricorso a supporti temporanei full round quali centine e blindaggio metallico.

9 OPERA DI PRESA RIO SCIORBA

9.1 Opera di presa dall'alveo

Il rio Sciorba nel suo tratto finale scorre, in ambito urbano, in destra al torrente Bisagno, circa 650 m a valle dell'opera di sbarramento e, in corrispondenza della prevista area di cantiere, è stato in passato incanalato e tombato per consentire la realizzazione di una serie di edifici di servizio nell'area ex-canile.

Con la realizzazione della galleria scolmatrice del Bisagno si è quindi colta l'occasione di realizzare una sorta di canale scolmatore dello Sciorba al fine di ridurre le portate in transito lungo il tratto tombato di valle che, in passato ha determinato allagamenti per insufficienza idraulica della propria sezione di deflusso.

L'opera in progetto è costituita da un'opera di presa in c.a. gettato in opera, attrezzata da un setto sfiorante laterale il quale consentirà, al raggiungimento della portata defluibile in sicurezza a valle, di far defluire la quota parte di portata in esubero vero la galleria di servizio dello scolmatore del Bisagno.

A valle dell'opera di presa è prevista la realizzazione di un canale scatolare, realizzato con elementi prefabbricati in c.a., di dimensioni BxH pari a 2.00x2.50 m che si svilupperà in direzione del portale della galleria di servizio e, attraverso una luce appositamente predisposta sulla calotta della galleria artificiale ed un pozzo di calata, consentirà di immettere la portata derivata dello Sciorba direttamente lungo la galleria di servizio e quindi successivamente direttamente nella galleria scolmatrice del Bisagno.

10 OPERE DI SBOCCO A MARE

10.1 Note generale di inquadramento dell'intervento

Il tratto terminale della galleria scolmatrice prevede la realizzazione di un segmento scavato con metodo tradizionale, di lunghezza prossima ai 50 m a partire dalla struttura ad archi che sostiene la passeggiata di Corso Italia; su di esso si intesterà lo scavo meccanizzato proveniente da monte. L'intervento nel suo complesso si inserisce nel quadro delle opere in corso di realizzazione nell'ambito del progetto dello scolmatore del Rio Fereggiano; all'avvio dei lavori in oggetto, sarà infatti già ultimata l'opera di sbocco a mare costituita da un manufatto gettato in opera a sezione interna policentrica sul quale si innesta il manufatto scatolare realizzato in prosecuzione della galleria scolmatrice del Rio Fereggiano.

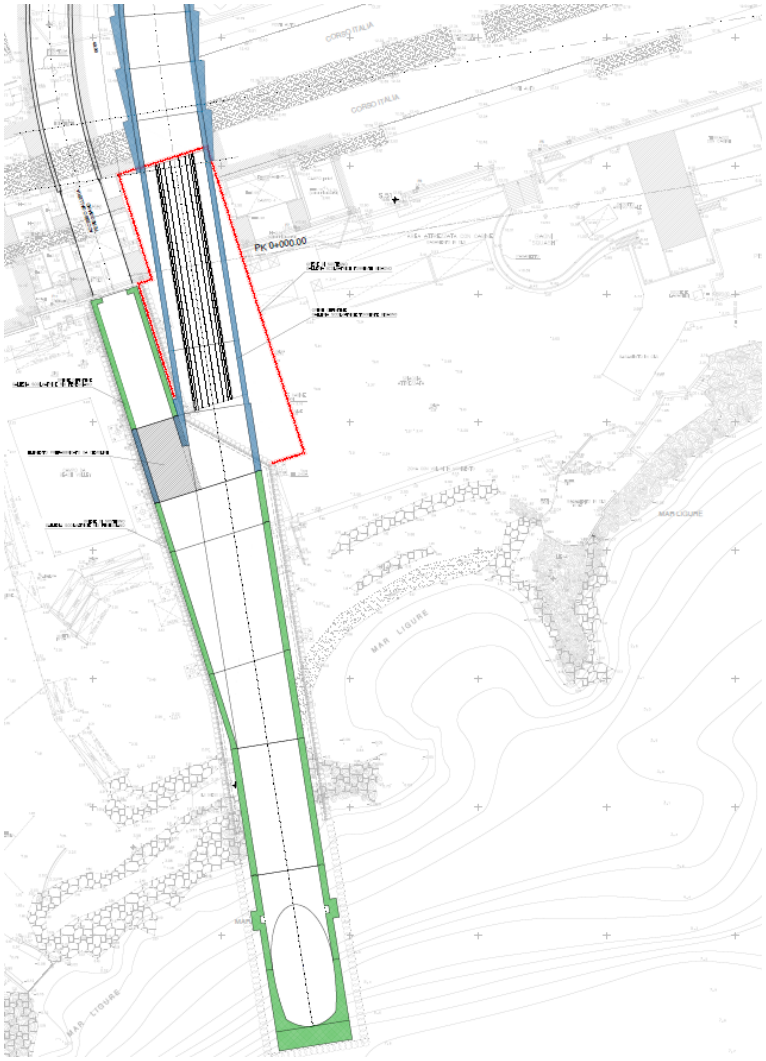


Figura 10-1 – Opera di sbocco a mare – inquadramento generale dell'intervento

Le lavorazioni si articoleranno in particolare secondo la seguente sequenza realizzativa:

- Realizzazione del pozzo di arrivo della fresa nell'area della Spiaggia San Giuliano compresa fra il lungo mare Corso Italia ed il completato manufatto di sbocco a mare del Rio Fereggiano; le pareti di scavo saranno sostenute da micropali tirantati presidiati a tergo da trattamenti colonnari jet grouting con funzione di impermeabilizzazione dello scavo (posto sotto il livello del mare per una sua buona porzione). Parimenti saranno previste, all'occorrenza, iniezioni per la formazione del tappo di fondo (è attesa roccia affiorante al fondo scavo, con stato di fratturazione variabile).

Il pozzo di arrivo si estenderà entro l'intero spazio coperto al di sotto della passeggiata di corso Italia (attualmente occupato dai locali dei campi squash); contestualmente saranno realizzati interventi di sottofondazione delle pilastrate portanti centrali e laterali per consentire l'approfondimento dello scavo sino alle massime quote previste da progetto. Tali opere consisteranno in micropali cerchiati mediante profilati a C provvisti di catene passanti il pilastro in roccia sottostante il plinto di fondazione.
Limitatamente al settore di pozzo compreso al di sotto delle arcate di C.so Italia si procederà alla realizzazione della soletta di fondo (lasciando necessari risparmi in corrispondenza delle pilastrate centrali), allo scopo di contrastare alla base le opere di sostegno laterali prima menzionate (berlinesi di micropali)

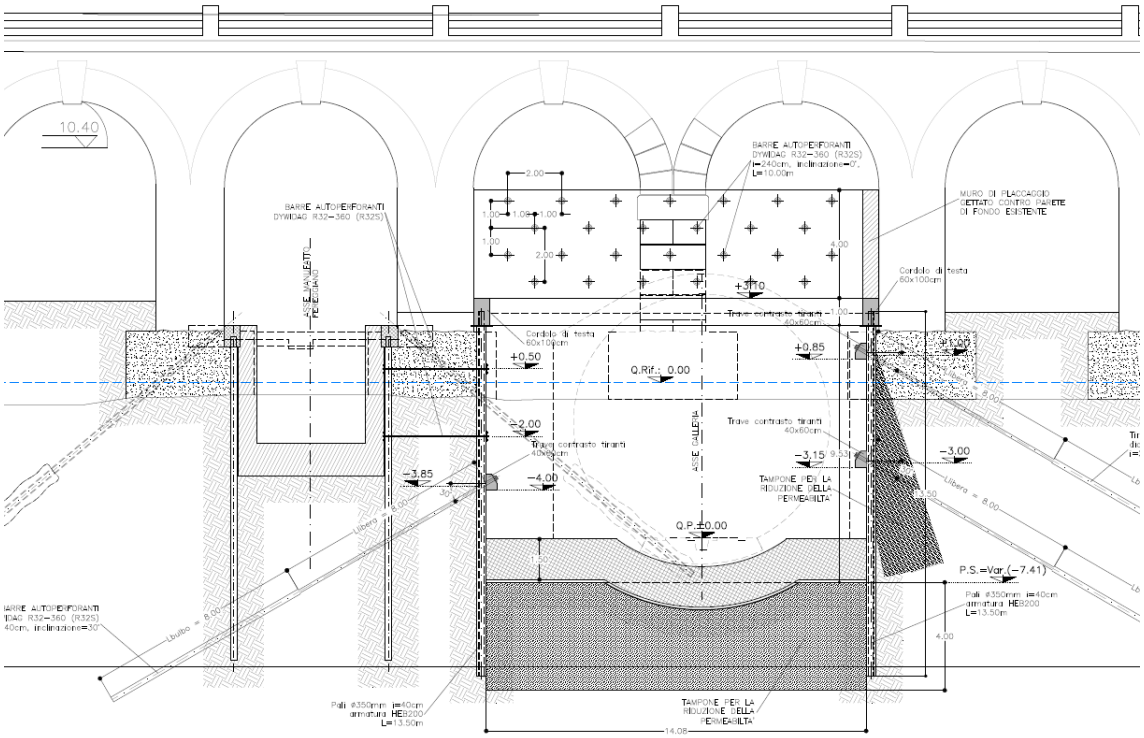


Figura 10-2 – Opera di sbocco a mare – sezione tipo scavo pozzo di arrivo fresa

- Messa in opera dell'intervento mirato al trasferimento del carico delle volte di Corso Italia interferenti con la galleria scolmatrice, dalle pilastrate centrali (poste lungo l'asse dell'opera) a piedritti laterali appositamente predisposti. Il trasferimento del carico avverrà mediante l'apprestamento di una apposita struttura di scarico dei pilastri, come meglio specificato al paragrafo seguente. Tale intervento, a completamento avvenuto, consentirà di disporre del campo libero, a quota fondo pozzo, per la realizzazione della dima e del concio d'attacco, ovvero l'avvio delle operazioni di scavo dei primi 50 m c.a. di galleria naturale (tratto che costituirà la camera di arrivo della TBM).

- Completamento dello scavo in naturale e dei rivestimenti definitivi della galleria.

- Realizzazione della culla di arrivo della testa fresante e retrostante corpo macchina, su uno sviluppo di ca 30m, dal filo di valle delle arcate sino alla testata lato mare del pozzo di lavoro. La fresa, a scavo completato, sarà fatta avanzare lungo il tratto all'aperto, sulla culla; lo smontaggio

avverrà in posto con deposito parziale dei componenti nell'area di spiaggia appositamente individuata. I componenti della macchina saranno quindi trasferiti su gomma sino al camerone di montaggio e da qui tramite la finestra, al cantiere di imbocco della finestra di servizio, attraverso la galleria scolmatrice stessa (eliminando ogni interferenza di tale attività con il tessuto urbano).

- Ultimato il disassemblaggio fresa, si procederà con la costruzione della galleria artificiale impostata sul tratto di culla precedentemente messo in opera. Sarà realizzato inoltre il manufatto di raccordo fra la galleria artificiale (avente profilo interno circolare) e l'opera di sbocco a mare (profilo interno policentrico) realizzata nell'ambito dei lavori per la costruzione dello scolmatore del Rio Fereggiano.

10.2 Rinforzo statico degli arconi di C.so Italia

L'intervento è volto alla sostituzione dell'appoggio di due piedritti del viadotto, nelle zone di interferenza con il tunnel artificiale, con una struttura a travata totalmente indipendente dall'opera interrata e che costituirà il nuovo appoggio dei piedritti. Da un punto di vista strutturale, nella configurazione finale i piedritti del viadotto saranno appoggiati in falso sul nuovo sistema di travatura che deve essere sufficientemente rigido da contenere le deformazioni entro un limite accettabile, onde evitare dissesti sia estetici che funzionali della struttura esistente che dalle indagini effettuate risulta essere costituita da un rivestimento portante in pietra (granito), con volte in calcestruzzo, e riempita con materiale scadente dal punto di vista strutturale, i.e. pietre di risulta e calcestruzzo magro dall'aspetto poroso e/o non legato.

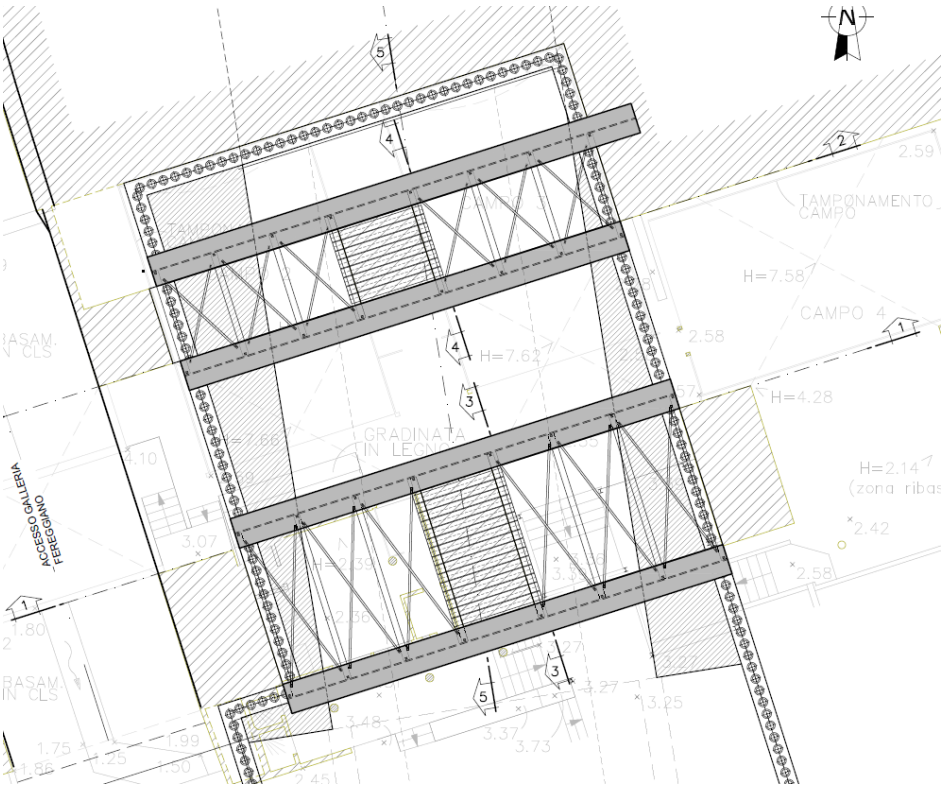


Figura 10-3 – Opera di sbocco a mare – intervento di scarico pilastrate centrali – pianta

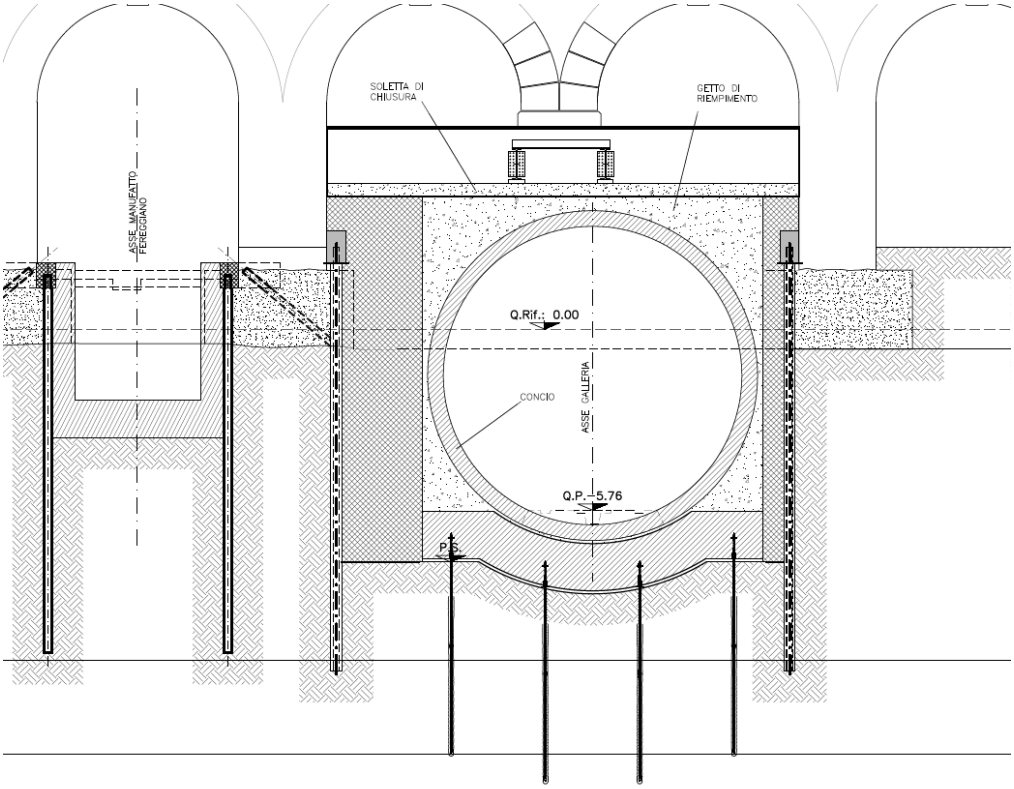


Figura 10-4 – Opera di sbocco a mare – intervento di scarico pilastrate centrali – sezione trasversale

La nuova struttura consta delle seguenti parti principali:

- **trave principale saldata composta**; è un profilo a doppia T in acciaio saldato composto con piattabande di dimensione 1000x65 mm e anima 35x2070 mm; ingombro totale 1000x2200 mm. Ciascun piedritto è sorretto da una coppia di travi che sono messe in opera affiancando il piedritto parallelamente alle due arcate;
- **trave secondaria HEB 1000**; il profilo è ordito in direzione trasversale rispetto alla trave principale e sorregge la terza orditura che forma il piano di sostegno dei piedritti;
- **travi HEB 280**; sono una serie di profili affiancati che formano il piano di appoggio dei piedritti del viadotto che saranno sezionati per permettere la realizzazione della nuova struttura interrata;
- **traliccio della trave principale**; è un sistema formato da profili UPN 200 (montanti) e ferri piatti/tondini (diagonali) con la funzione di contrastare con efficacia lo sbandamento laterale della trave principale (prevalentemente inflessa nel piano di maggiore rigidezza flessionale);
- **elementi accessori**; comprendono tutti i collegamenti bullonati e saldati nonché rinforzi locali per prevenire fenomeni di instabilità locale.

La struttura metallica è sorretta da una struttura di supporto in calcestruzzo armato sulla quale poggiano direttamente le travi principali. L'unica eccezione riguarda l'appoggio di una delle travi del piedritto più interno per il quale è necessario ricavare l'appoggio all'interno della struttura esistente creando un'opportuna tasca. L'appoggio consta di una contro-piastra in acciaio annegata nel getto in modo da realizzare una superficie di appoggio piana e sufficientemente rigida, tale da distribuire su una superficie ampia il carico trasmesso dalla trave principale e evitare una frattura locale dell'elemento in calcestruzzo armato.

11 REGIMAZIONE ACQUE SUPERFICIALI DEL VERSANTE SOPRASTANTE I CONDOMINII DI VIA MERELLO

Durante la fase di analisi delle possibili alternative al tracciato ed alle tecnologie delle lavorazioni da prevedere per la realizzazione della galleria scolmatrice, particolare attenzione è stata posta alla presenza di edifici residenziali in via Merello.

Si tratta infatti di alcuni condomini realizzati sul versante in sinistra idrografica del Bisagno che negli ultimi hanno riscontrato diverse problematiche legate in particolare alla regimazione delle acque superficiali ed ai rischi di allagamento in concomitanza di eventi metereologici particolarmente gravosi.

L'analisi delle possibili interferenze ha determinato le seguenti scelte progettuali:

- spostamento dell'asse galleria e della relativa curva di tracciato per consentire l'aumento della distanza tra galleria in progetto e l'ingombro edifici di via Merello;
- per la realizzazione della galleria nell'area dell'edificio, applicazione del metodo di scavo denominato SUPERWEDGE basato sul principio del "cuneo spaccaroccia" (inserimento di cunei in fori con la conseguente formazione di fratture), specificatamente sviluppato per la demolizione di roccia con minimizzazione delle problematiche connesse all'emissione di rumore, vibrazione e polveri;
- intervento di correzione/adeguamento delle opere di regimazione idraulica esistenti finalizzate alla riduzione dei rischi a seguito di eventi di pioggia di particolare intensità.



Figura 10-5 – Situazione riscontrata in occasione di eventi metereologici gravosi

11.1 Interventi di regimazione idraulica

Dall'esame della documentazione disponibile, risulta evidente come le opere di regimazione idraulica esistenti necessitino di interventi di adeguamento per il corretto smaltimento delle portate in arrivo nell'area condominiale.

In particolare la presenza di canalette di drenaggio, realizzate alternativamente con debole pendenza di fondo scorrevole e successivi scivoli molto ripidi, in combinazione con repentini cambi di direzione senza manufatti di dissipazione e/o collettamento adeguati alla portata idrica che grava su di essi, costituisce uno dei primi elementi critici da risolvere.

Ciò nonostante, è opportuno segnalare che la particolare configurazione dell'area residenziale - che di fatto costituisce uno sbarramento trasversale al libero deflusso delle acque meteoriche e di dilavamento – unita alla conformazione del versante naturale soprastante di proprietà privata, carente di opere di regimazione idraulica, costituisce un elemento di criticità che solo un intervento di regimazione a grande

scale sull'intero versante tributario potrà risultare essere una soluzione efficace alle problematiche manifestate dai residenti.

Inoltre è possibile affermare che molte delle criticità manifestatesi nel passato durante eventi di piena particolarmente gravosi, sono dovuti alla mancata manutenzione delle opere di drenaggio esistenti ed in particolare ai mancati sfalci della vegetazione arbustiva da parte dei proprietari, ed alle mancate pulizie, rimozioni detriti sulle canalette di drenaggio e nell'intorno di esse.

Le finalità degli interventi previsti, sono quindi indirizzate alla necessità di ridurre il rischio di tracimazione delle acque sulla sede stradale adiacente ai condomini, pur nella consapevolezza che la messa in sicurezza complessiva dell'area richiederà interventi di maggior importanza e consistenza economica a carico dei proprietari dei terreni soprastanti.

Particolare attenzione è stata quindi posta a due situazioni critiche che si sono manifestate in tempi recenti;

- **Sito A**: allagamenti e sversamenti in corrispondenza di un muro di sostegno esistente in corrispondenza di un piccolo parcheggio e situazione di pericolo oggettivo al fondo di una cunetta curvilinea posta lungo il versante che indirizza il flusso della corrente in direzione di un giardino privato, appartenente al condominio basso;




Figura 10-6 – Parcheggio esistente lungo il cui muro di sostegno è avvenuto il sormonto delle acque meteoriche




Figura 10-7 – Canaletta di scarico lungo il muro d'ala e abitazione a rischio di esondazione

- **Sito B**: allagamenti e sversamenti in corrispondenza di un'opera idraulica di attraversamento della sottostante via Merello, che vanno ad interessare l'intero complesso di edifici del Condominio Alto.



Figura 10-8 – Opere di regimazione del rio esistente e briglia selettiva in posizione critica che determina la possibilità di esondazione

Per maggiori informazioni ed approfondimenti si rimanda agli elaborati di progetto relativi alle *Opere di sistemazione idrogeologica - Via Merello* di cui nel seguito sono riportati alcuni stralci.

11.2 Intervento A: nuovo sistema di drenaggio

È prevista l'adeguamento dimensionale e tipologico di alcuni tratti della rete di drenaggio esistente in sommità dei muri di sostegno presenti a monte degli edifici residenziali con particolare attenzione al ripristino della parte fondazionale delle canalette ormai soggette a fenomeni di erosione che determinano il ruscellamento delle acque al disotto delle canalette stesse.



Figura 10-9 – Canaletta di drenaggio semicircolare D100, completamente intasata da materiale vegetale pur a seguito di un taglio della parte superiore della vegetazione arbustiva

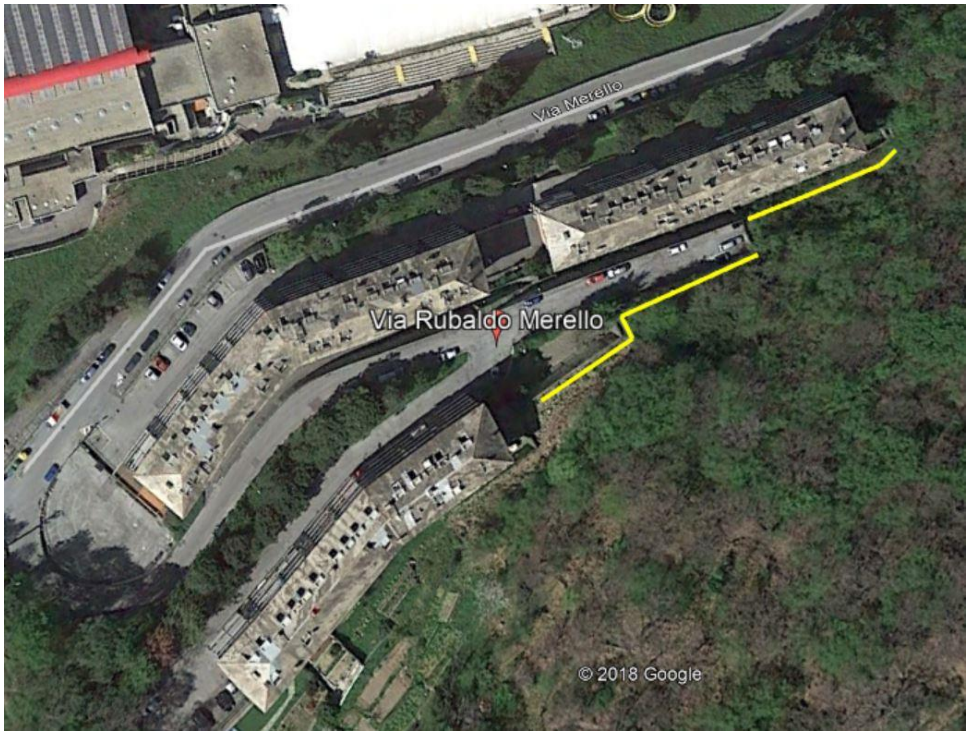


Figura 10-10 – Tratto di sistema di drenaggio esistente in sommità del muro di sostegno in corrispondenza parcheggio e scarico in direzione delle strutture residenziali

11.2.1 Rifacimento sistema di drenaggio e scarico su muro di sostegno

È previsto il rifacimento del sistema di drenaggio in sommità dei muri di sostegno esistenti mediante la realizzazione di nuove canalette semicircolari; in linea generale le canalette verranno realizzate mantenendo la medesima pendenza del fondo scorrevole attuale ma, in particolare, la pendenza di fondo della canaletta situata sul muro di sostegno fronte parcheggio avrà andamento contrario rispetto a quella attuale e recapiterà le portate idriche di drenaggio verso valle sino ad un nuovo pozzetto di calata in c.a. che verrà realizzato in adiacenza al muro di sostegno in c.a. in corrispondenza della rientranza al termine del muro di sostegno stesso.

In questo modo sarà impedito il collettamento delle acque di versante verso il muro d'ala e relativa canaletta a forte pendenza descritta al paragrafo precedente.

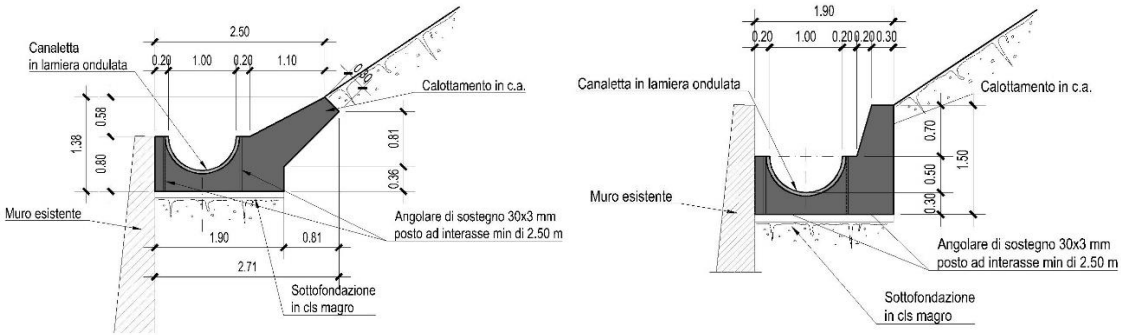


Figura 10-11 – A sinistra canaletta di drenaggio a monte muro di sostegno cortili; a destra canaletta di drenaggio a monte muro di sostegno in corrispondenza parcheggio

Entrambe le canalette saranno realizzate in lamiera ondulata, zincata, ed attrezzate con piedini di sostegno che saranno inglobati nel getto in calcestruzzo armato; non è previsto il collegamento strutturale con il muro di sostegno in c.a. adiacente.

Il pozzetto di calata e scarico consentirà il collegamento tra la canaletta di drenaggio superiore ed il nuovo collettore in progetto da realizzarsi lungo la strada di accesso ai condomini.

Il pozzetto sarà realizzato al termine del muro di sostegno esistente e rimarrà allineato ad esso senza ridurre lo spazio a disposizione del parcheggio.



Figura 10-12 – Ubicazione pozzetto di scarico e calata in c.a.

11.2.2 Nuovo collettore di smaltimento acque meteoriche

A completamento di quanto descritto nei paragrafi precedenti, a valle del pozzetto di scarico, è prevista la realizzazione di un collettore di smaltimento delle acque meteoriche lungo il sedime stradale della via Merello.

La portata drenata e collettata dalla canaletta presente a tergo del muro di sostegno, verrà intercettata per mezzo di un pozzo di calata in c.a. previsto in corrispondenza dell'estremità terminale del muro di sostegno del piazzale parcheggio; il pozzetto alimenterà uno scatolare in c.a., prefabbricato, per carichi di 1° categoria, di dimensioni interne pari a BxH=1,2x1,2 m, che si svilupperà lungo la via Merello sino ad immettersi nell'attraversamento esistente del rio di cui al paragrafo precedente.

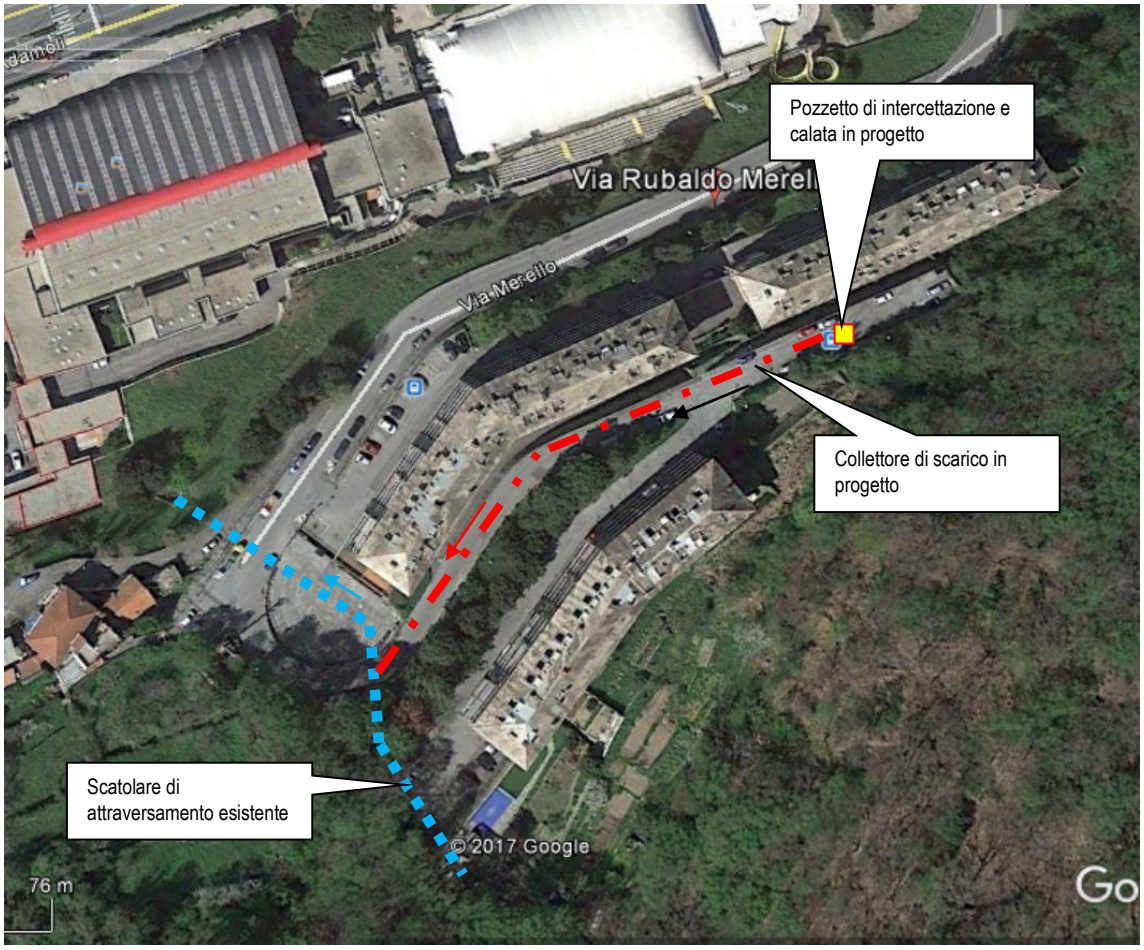


Figura 10-13 – Nuovo scatolare di scarico acque meteoriche

11.3 Intervento B: adeguamento opera di intercettazione rio esistente a lato condominio "alto"

A valle del condominio "alto" (estremità destra), è presente un'opera idraulica di attraversamento della sottostante via Merello, che è caratterizzata da una serie di salti e vasche di trattenuta del materiale di trasporto solido previste al fine di impedire l'occlusione del manufatto idraulico; a monte, in corrispondenza del parcheggio condominiale è stata realizzata una briglia selettiva in carpenteria metallica che ha lo scopo di trattenere il materiale flottante in un area di facile accesso per le successive fasi manutentive post evento meteorologico.



Figura 10-14 – Opera di regimazione esistente e manufatto di attraversamento di via Merello

Risulta evidente come proprio la presenza della briglia in adiacenza del piano viabile è la causa degli straripamenti avvenuti, in quanto l'accumularsi dei depositi a monte della briglia stessa determina che la

portata idrica sia costretta a superare l'ostruzione e quindi, inevitabilmente, a superare la quota di contenimento costituita dal muro di sponda esistente in destra idrografica del rio.

La soluzione progettuale consiste nel spostare la briglia selettiva in corrispondenza della sottostante vasca di dissipazione la cui profondità e dimensione consentirà di poter accogliere in sicurezza il materiale di trasporto senza compromettere la sicurezza dell'area e del manufatto di attraversamento.

In corrispondenza dell'attuale briglia di attraversamento è prevista la realizzazione di un muro di raccordo in elevazione sul muro di sponda esistente in destra e la sua prosecuzione a valle per uno sviluppo pari a 3 m; il sovralzo del muro avverrà mediante opportuna bolzonatura dei nuovi ferri di armatura sulle strutture murarie esistenti.



Figura 10-15 – Interventi in corrispondenza dell'opera idraulica esistente

12 RIPASCIMENTO SPIAGGE

Infatti dal punto di vista quantitativo le scelte progettuali ad oggi definite individuano volumi di materiali di scavo in galleria (valutati in banco) a circa 721.000 m³, con la possibilità di reimpiegarne significative quantità per il ripascimento degli arenili.

A tale proposito è stata condotta una specifica attività di verifica dei siti ottimali per la realizzazione di interventi di ripascimento strutturale, tali cioè da garantire la disponibilità di volumi congruenti con le necessità del cantiere.

Come indicato nella tabella sottostante (per maggiori dettagli si rimanda alla specifica relazione allegata al presente progetto esecutivo), ad oggi sono state individuate le seguenti aree, per un volume complessivo disponibile pari a circa 360.675 m³ (stesi).

Siti di ripascimento	Distanza media dal cantiere [km]	Ripascimento stagionale [m³]	Ripascimento strutturale [m³]
Arenzano	40	3.570	85.080
Vesima	27	0	61.440
Voltri	24	0	129.375
C.so Italia	7 + 2 miglia	0	30.000
Sturla	7 + 3 miglia	0	35.750
Levante	7 + 5 miglia	1.080	14.380
TOTALE		**4.650**	**356.025**

Tabella 1 – Quantitativi di materiale di cui è previsto l'impiego per ripascimento.

12.1 Siti integrativi di ripascimento nel Levante genovese in regime di Concessione

Durante l'iter di redazione della presente revisione del progetto esecutivo, è stato richiesto allo scrivente RTP di valutare la preliminare fattibilità tecnico-economica dell'inserimento delle opere di ripascimento in corrispondenza di una serie di arenili del Levante Genovese, attualmente gestiti in regime di Concessione Privata, ed originariamente non inseriti all'interno del presente progetto.

In particolare all'interno della nota trasmessa dal Sindacato dei Concessionari al Comune, sono stati indicati alcuni arenili per i quali è stata espressa la richiesta di utilizzare il materiale di smarino della futura galleria scolmatrice, opportunamente lavato e vagliato, per il relativo ripascimento.

A tale proposito è opportuno sottolineare come le valutazioni svolte nell'ambito della prima revisione progettuale, con riferimento alla quantificazione del volume complessivo di materiale di smarino, avevano evidenziato una eccedenza significativa di materiale, quantificabile in più di 270.000 m³ di materiale, la cui destinazione (in assenza di ulteriori possibili siti di conferimento) era stata individuata in centri di recupero inerti.

Il volume complessivo stimato in via preliminare dai Concessionari fu quantificato in circa 165.000 m³, suddiviso prevalentemente in tre differenti settori:

12.1.1 Settore 1 (C.so Italia) - Da San Nazaro al Lido

Le richieste dei Concessionari indicano, per il tratto in esame, la necessità di intervenire per una lunghezza complessiva della linea di costa pari a circa 1 km, valutando il volume necessario per ricostituire il profilo originario (ante 1973) in circa 31.500 + 58.000 = 89.500 m³. Si sottolinea peraltro come gli interventi richiesti per buona parte ricadano già nelle spiagge di C.so Italia, di cui è già stato in parte

completato il ripascimento con il materiale del Fereggiano, aggiungendo peraltro una spiaggia più a levante (Lido), di cui si stima una lunghezza della linea di costa pari a circa 221 m e **per un nuovo volume stimato pari a circa 15.800 m³** (profondità media di 17 m).

12.1.2 Settore 2 (Sturla) - dal torrente Sturla al 5 Maggio

Il settore di intervento è collocato nell'areale denominato "Sturla", e prevede la realizzazione dei seguenti interventi di ripascimento:

- Sturla est, peraltro in parte già inserito nel PUT originario, per un volume pari a circa 31.000 m³;
- Scoglio dei Mille;
- Tratto Paolo e Lele (già ricompreso nel PUT originario);
- **Tratto "Monumento"**.

La nota del Sindacato Concessionari evidenzia i seguenti dati:

- Linea complessiva di costa oggetto di intervento: 400 +197 = 597 m
- Area dei ripascimento: 8.468 + 3.955 = 12.423 m²
- Volume di materiale da porre a ripascimento: 75.000 + 34.400 = 109.400 m³

Si evince come le richieste dei Concessionari richiedano il ripascimento per 109.400 – 31.000 = **78.400 m³ di materiale in più rispetto alle previsioni originarie del Progetto Esecutivo**.

12.1.3 Settore 3 (Levante) - dal Monumento a Nervi

Nel seguito vengono elencati i vari siti integrativi di cui è stato richiesto il ripascimento mediante l'utilizzo si del materiale di smarino del f. Bisagno:

- Quarto Priaruggia;
- Europa Doria;
- Quarto Bolivar (già ricompreso nel PUT originario);
- Nasi;
- Lega Navale (già ricompreso nel PUT originario);
- Quinto Bagnara (già ricompreso nel PUT originario);
- Quinto Murcarolo;
- Quinto Piero;
- Vecchi Trogoli.

La nota dei Concessionari evidenziava i seguenti dati:

- Linea di costa oggetto di intervento: 449 + 235 + 157 = 841 m
- Area dei ripascimento: 8.490 + 2.702 + 2.624 = 13.816 m³
- Volume di materiale da porre a ripascimento: 47.700 + 15.300 + 16.800 = 79.800 m³

Si evince come le richieste dei Concessionari richiedano il ripascimento per 79.800 – 15.460 = 64.340 m³ di materiale in più rispetto alle previsioni del Progetto Esecutivo.

12.1.4 Volumi di ripascimento integrativi

Sulla base dei dati resi disponibili dal Comune e delle indicazioni in precedenza indicate, si evidenzia come le richieste dei Concessionari prevedano il ripascimento per circa **158.540 m³** in più rispetto a quanto previsto nel P.U.T. allegato al Progetto esecutivo originario.

A seguito delle richieste del Sindacato Concessionari, lo scrivente RTP ha predisposto una nota tecnica trasmessa al RUP in cui si evidenziava la sostanziale economicità che sarebbe conseguita al riutilizzo del materiale eccedente di smarino come ripascimento, in sostituzione della destinazione a centro di recupero di inerti; per tale motivo il RUP autorizzava l'inserimento dei suddetti ripascimenti all'interno del presente progetto esecutivo.

Poiché la valutazione corretta dei suddetti volumi sarà possibile esclusivamente a seguito della esecuzione di specifiche attività di rilievo batimetrico (non autorizzabili durante il periodo estivo di balneazione) e di modellazione meteomarina, nella presente revisione progettuale sono comunque riportate le analisi di tipo ambientale e paesaggistico, funzionali alla approvazione del relativo Piano di Utilizzo e della Valutazione di Impatto Ambientale, adottando cautelativamente un volume complessivo pari a soli 100.000 m³, suddiviso secondo la tabella di seguito riportata, sulla base del progetto di fattibilità riportato in allegato alla presente relazione.

Siti di ripascimento integrativo	Distanza media dal cantiere [km]	Ripascimento stagionale [m³]	Ripascimento strutturale [m³]
C.so Italia	7 + 2 miglia	0	15.000
Sturla	7 + 3 miglia	0	40.000
Levante	7 + 5 miglia	0	45.000
TOTALE		**0**	**100.000**

Tabella 2 – Quantitativi di materiale di cui è previsto l'impiego per ripascimento.

12.2 Arenzano

12.2.1 Opere strutturali e ripascimenti previsti in progetto

Nell'ambito del progetto preliminare approvato, è prevista la realizzazione di ripascimenti sia strutturali che stagionali. In particolare il progetto di riassetto generale della costa del Comune di Arenzano, comprensivo anche del tratto di spiaggia del capoluogo, prevede interventi di diversa natura, da attuarsi in più fasi attuative, di cui alcune già realizzate.

La prima fase comprende il lotto già approvato e finanziato dal Comune di Arenzano e consiste nella realizzazione, procedendo da ponente verso levante, dei seguenti lavori (si vedano gli estratti delle planimetrie di progetto di seguito riportate):

1. prolungamento sommerso del pennello C, in corrispondenza dei Bagni Sole;
2. prolungamento del pennello D, in destra della foce del Cantarena;
3. prolungamento in parte emerso (circa 18 m) e in parte sommerso (circa 23 m) del pennello F, in sponda destra del Rio S. Sebastiano, fino all'isobata dei 4 m allo scopo di provvedere alla protezione del tratto di arenile in erosione presso la foce;
4. rimozione del pennello G, in sponda sinistra del Rio S. Sebastiano e ricostruzione di un pennello, in parte emerso e in parte sommerso, a metà del settore di spiaggia compreso tra i pennelli F e H);
5. allungamento sommerso del pennello H (Carbo del Pizzo).

Di tali interventi, è già stato realizzato lo spostamento del pennello G (vedi precedente punto 4).

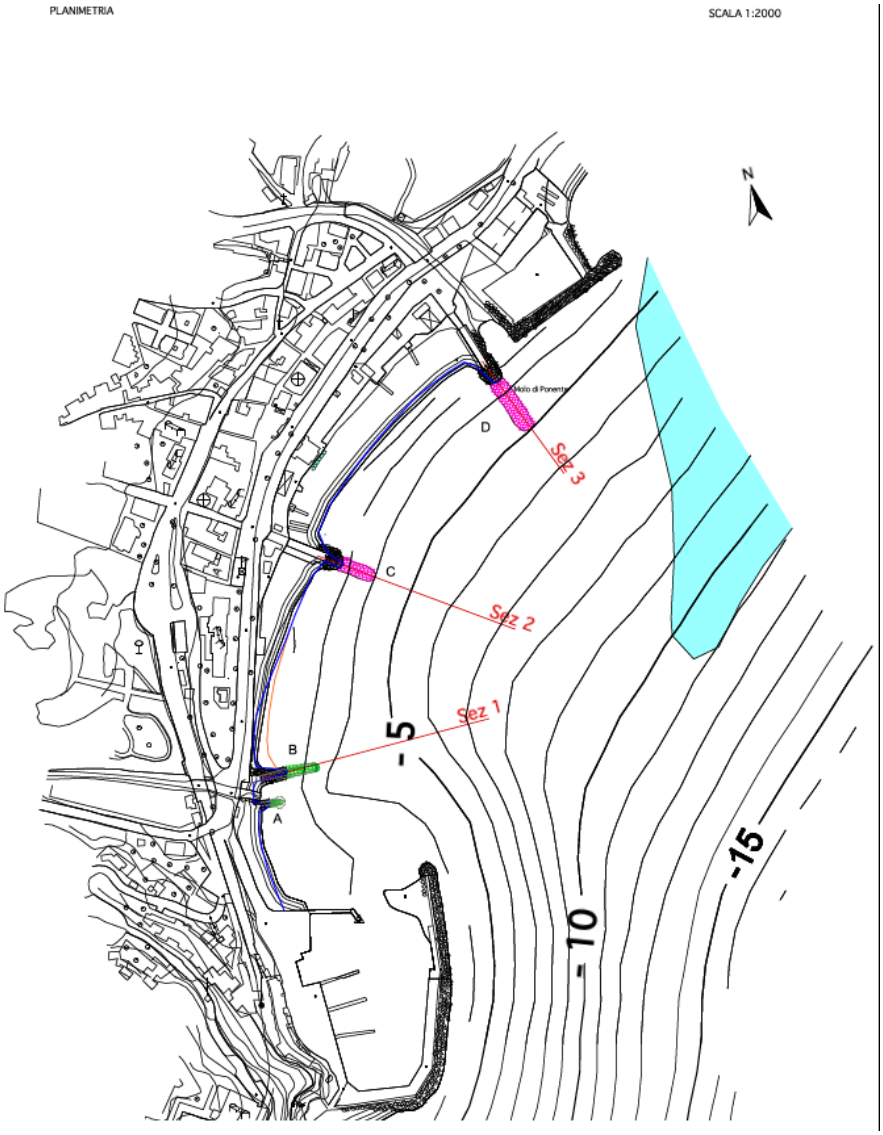


Figura 12-1 – Interventi previsti nel settore di Ponente (da "Studio ambientale e progetto preliminare sul riassetto della costa di Arenzano" eseguito per conto del Comune di Arenzano dalla S.G.G. nel novembre 2003)

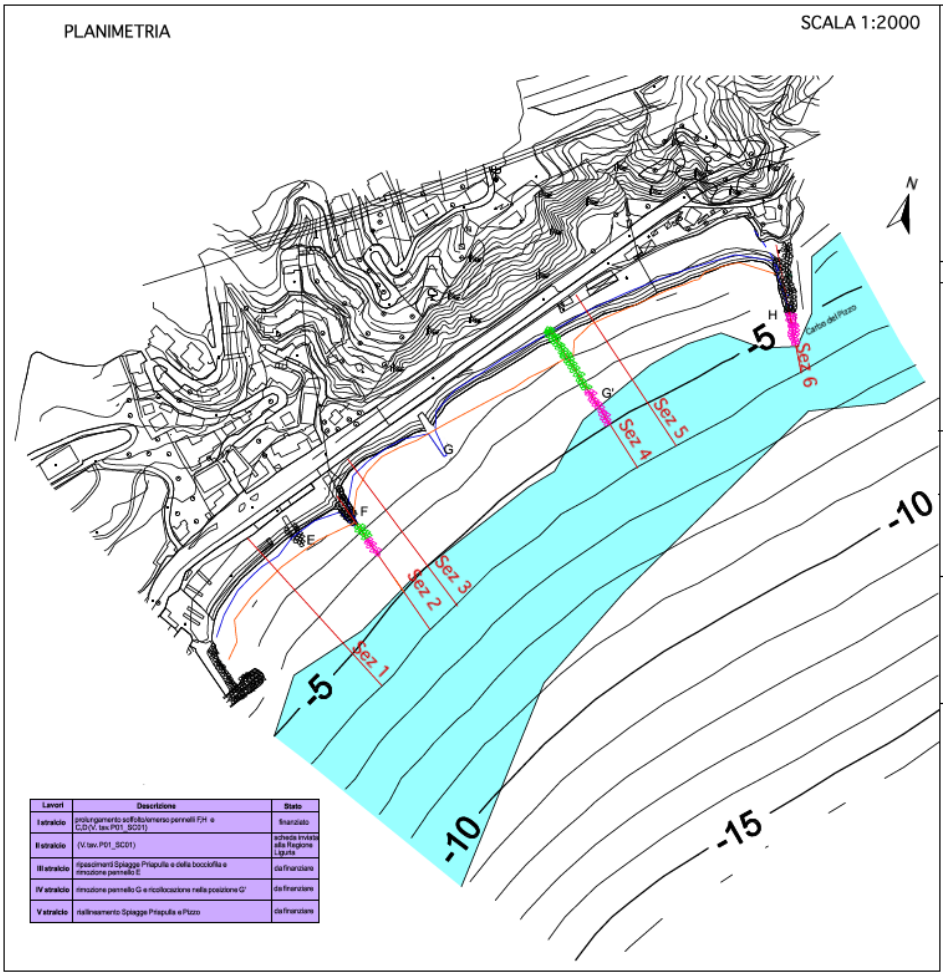


Figura 12-2 – Interventi previsti nel settore di Levante (da "Studio ambientale e progetto preliminare sul riassetto della costa di Arenzano" eseguito per conto del Comune di Arenzano dalla S.G.G. nel novembre 2003)

Pertanto in linea con le indicazioni fornite dal Committente dei lavori di realizzazione dello scolmatore del t. Bisagno, si prevede di impiegare parte del materiale di smarino per il completamento di alcuni interventi di ripascimento programmati dal Comune di Arenzano, in un'ottica di ottimizzazione delle risorse economiche disponibili, sgravando il Comune stesso dei costi legati alla loro progettazione esecutiva e realizzazione.

Settore di ponente

- **settore I** – ripascimento stagionale: Lunghezza spiaggia L 95 m = ; Volume di ripascimento pari a V = 980 m³ circa;
- **settore II** – ripascimento stagionale: Lunghezza spiaggia L 230 m= ; Volume di ripascimento pari a V = 13.660 m³;
- **settore III** – ripascimento stagionale: Lunghezza spiaggia L 245 m = ; Volume di ripascimento pari a V = 2.580 m³.

Con riferimento al settore II, per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con un impiego di circa 13.660 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le seguenti caratteristiche:

- la quota di sommità della spiaggia sarà pari a + 2,0 m;

- realizzazione di una pendenza del profilo pari a circa 11° (1 su 5), in modo da permettere una buona fruibilità della spiaggia (pendenza sufficientemente dolce) ed al contempo una adeguata protezione delle strutture a tergo, mantenendo avanzata la berma di spiaggia a quota + 2,0 m.

- realizzazione della battigia di costruzione con un avanzamento massimo di 15 - 20 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nel corso dei rilievi batimetrici eseguiti nell'ottobre 2017.

Il versamento è esteso all'intera spiaggia per una lunghezza complessiva di 85 m e un volume unitario di versamento pari a 54 m³/m.

Preliminarmente alla realizzazione del ripascimento del settore 2, l'allungamento del pennello B verrà realizzato da parte del Comune di Arenzano.

Il ripascimento verrà realizzato secondo le sezioni tipologiche riportate nella tavola allegata, adottando idonei fusi granulometrici, in ragione delle condizioni meteomarine dei paraggi oggetti di intervento e delle necessità di tipo ambientale (in particolare quelle legate all'intorbidamento dell'acqua).

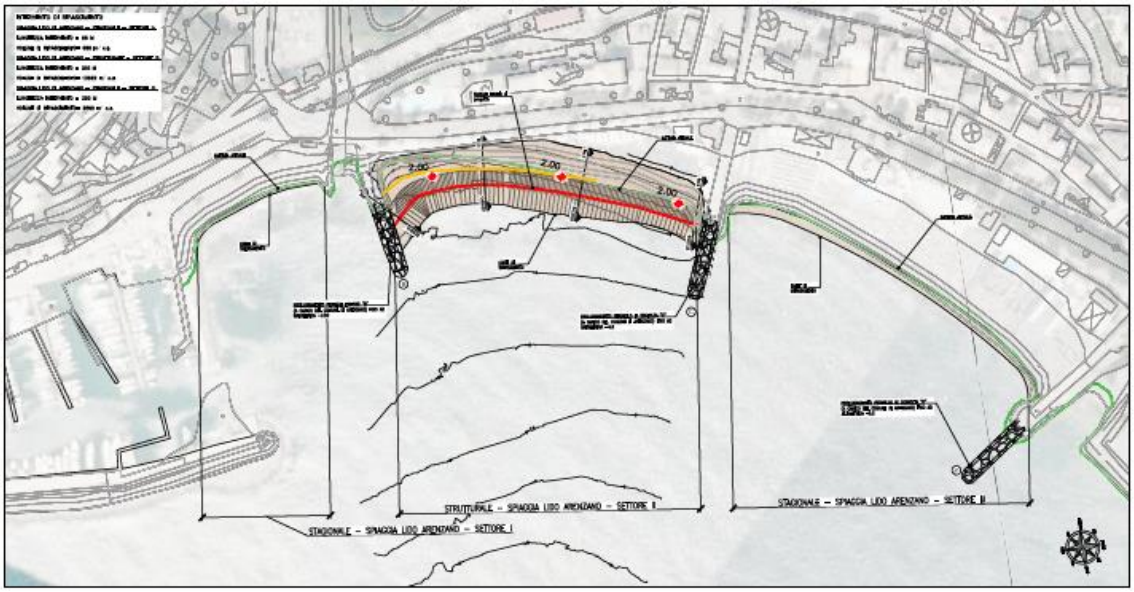


Figura 12-3 – Ripascimenti previsti nel Comune di Arenzano – Settore di ponente

Settore di levante

- **settore IV** – ripascimento stagionale: Lunghezza spiaggia L = 230 m; Volume di ripascimento pari a V = 7.250 m³;
- **settore V** – ripascimento stagionale: Lunghezza spiaggia L = 250 m; Volume di ripascimento pari a V = 19.560 m³;
- **settore VI** – ripascimento stagionale: Lunghezza spiaggia L = 315 m; Volume di ripascimento pari a V = 44.600 m³;

Preliminarmente alla realizzazione del ripascimento dei settori verranno realizzati gli interventi di prolungamento dei pennelli F, G ed H.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con le seguenti caratteristiche:

- la quota di sommità della spiaggia sarà pari a + 2,0 m;
- realizzazione di una pendenza del profilo pari a circa 11° (1 su 5), in modo da permettere una buona fruibilità della spiaggia (pendenza sufficientemente dolce) ed al contempo una adeguata protezione delle strutture a tergo, mantenendo avanzata la berma di spiaggia a quota + 2,0 m;
- realizzazione della battigia di costruzione con un avanzamento massimo di:
  - Settore IV: 15 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nel corso dei rilievi batimetrici eseguiti nell'ottobre 2017;
  - Settore V: 20 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nel corso dei rilievi batimetrici eseguiti nell'ottobre 2017;
  - Settore VI 28 - 30 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nel corso dei rilievi batimetrici eseguiti nell'ottobre 2017.

Il versamento è esteso alla intera lunghezza delle spiagge, con un volume unitario di versamento variabile da 40 a 180 m³/m.

Il ripascimento verrà realizzato secondo le sezioni tipologiche riportate nella tavola allegata, adottando idonei fusi granulometrici, in ragione delle condizioni meteomarine dei paraggi oggetti di intervento e delle necessità di tipo ambientale (in particolare quelle legate all'intorbidamento dell'acqua).

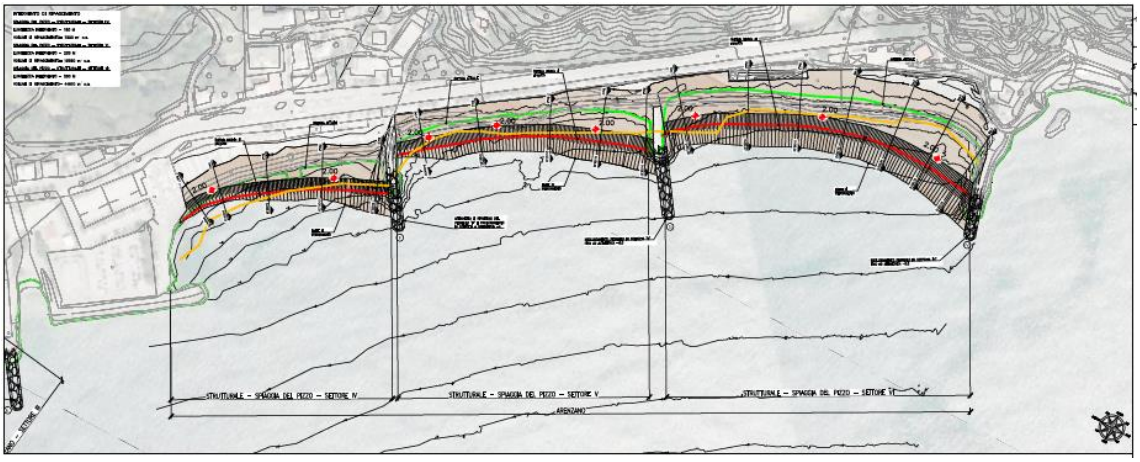


Figura 12-4 – Ripascimenti previsti nel Comune di Arenzano – Settore di levante

12.2.1.1 Materiale impiegato per il ripascimento

Come già indicato in precedenza, il materiale impiegato deriva dalle attività di scavo della galleria scolmatrice del t. Bisagno, precedentemente trattato secondo le seguenti modalità.

Le operazioni di separazione, vagliatura e di lavaggio del materiale di smarino consentiranno di ottenere una tipologia di sedimento con pezzature comprese tra i 2 ed i 100 mm; il materiale sarà lavato per l'eliminazione delle frazioni fini e trattato in modo da ottenere grani opportunamente arrotondati, senza spigoli vivi, per assicurare un adeguato livello di comfort all'utenza balneare, in linea con la situazione attuale del sedimento in posto, relativamente alle finalità turistico-ricreative dei lidi.

Il materiale trattato in osservanza delle disposizioni normative, potrà essere disposto direttamente a copertura dell'esistente strato di arenile, senza dover effettuare operazioni di preparazione più lunghe, costose e temporalmente disagevoli.

Il lavaggio degli inerti in fase di separazione e l'ulteriore lavaggio a seguito della frantumazione, prima del trasporto a dimora di ripascimento, consentirà di ridurre la frazione pelitica entro il termine del 5% richiesto dalla Normativa già citata della Regione Liguria.

La modalità di trattamento del materiale di smarino in corrispondenza dell'impianto di frantumazione e vagliatura permetterà di evitare, in ragione della bassa concentrazione di frazioni fini, il rilascio di materiale, durante le operazioni di ripascimento, tali da alterare le caratteristiche qualitative delle acque rivierasche (per quanto questo possa accadere, in ogni caso, solo nella stagione invernale) e da creare pennacchi di materiali in sospensione che possano poi, per ricaduta, danneggiare le prateria di posidonia e le altre biocenosi acquatiche poste al largo delle zone di intervento. In tale modo si ritiene di non dovere procedere con l'utilizzo di panne di confinamento da disporre a mare nelle zone di ripascimento.

In sede esecutiva potranno essere valutate modalità e tempistiche di sversamento diverse (ad es. sversamento a mare del materiale in tempi utili al suo smussamento da parte del moto ondoso, stesura sul sito destinato a ripascimento al di sotto del materiale già esistente in loco).

Le prescrizioni sulla composizione granulometrica del materiale di ripascimento sono le seguenti:

- il materiale, una volta fornito e posto in opera, dovrà avere granulometria compresa tra 2 mm e 100 mm, escludendo detriti, parti di muratura, corpi estranei, materiale organico o frazioni terrose. Il limite superiore delle dimensioni granulometriche potrà essere occasionalmente superato per consentire il riutilizzo di elementi più grossolani a patto di prevedere adeguate modalità di posa del materiale (ad esempio utilizzando gli elementi più grossolani per gli strati inferiori del ripascimento e avendo l'accortezza di rispettare la prescrizione per il materiale che verrà utilizzato per lo strato superficiale);
- la frazione eccedente il limite di 100 mm non dovrà tuttavia superare il 10 %;
- per quanto riguarda il limite granulometrico inferiore si ammetterà una percentuale non superiore al 10 % in peso della frazione di materiale costituita da elementi di dimensioni medie inferiori a 2 mm;
- la presenza di limi ed argille (frazione pelitica) non potrà comunque superare il limite del 5% in peso;
- il materiale utilizzato dovrà avere caratteristiche cromatiche simili al materiale della spiaggia esistente.

La granulometria adottata consentirà di ottenere un profilo non eccessivamente ripido e al contempo caratterizzata da un diametro superiore a quello mediamente utilizzato fino ad ora per i ripascimenti stagionali (D50 = 1 mm) a garanzia di una minore dinamica litoranea (perdite inferiori).

L'esigenza di utilizzare, per gli apporti lungo le spiagge, materiale granulare inerte con pezzatura 2 – 100 mm esente da inquinanti o comunque sostanze inaccettabili (come calcestruzzo, ferri, plastica, VTR ecc.) impone:

- una selezione e cernita del materiale proveniente da scavi;
- una preventiva lavorazione dello stesso materiale.

La cernita avviene automaticamente con l'impiego del materiale di smarino derivante dall'impiego di una TBM, quindi con scavo meccanizzato senza necessità di preconsolidamento al fronte di scavo, dalle qui attività potrebbero derivare presenze di elementi indesiderati.

Verrà comunque condotta una specifica verifica sia al fronte di scavo, sia durante le diverse fasi di trasporto e stoccaggio, finanche alla fase di lavorazione. Il materiale non idoneo al riutilizzo dovrà quindi essere stoccato a parte per essere destinato ad altro impiego o destinazione.

<u>Presenza di amianto</u>

La ricerca del parametro amianto non è dovuta in quanto il materiale di scavo non proviene da aree caratterizzate dalla presenza di "pietre verdi" (rif. Cartografia geolitologica allegato 1 D.C.R. 20/12/1996 n. 109).

Colore

La valutazione del colore è stata effettuata sui campioni/carotaggi eseguiti sulla formazione rocciosa interessato dallo scavo in avanzamento della galleria Fereggiano.

Il colore del Flysch di Monte Antola è grigio chiaro.

12.3 Vesima

12.3.1 Opere strutturali, ripascimenti strutturali e stagionali

L'intervento di ripascimento verrà svolto in conformità al Progetto Definitivo commissionato dal Comune di Genova, che prevede che le nuove spiagge siano completamente aperte all'azione rigenerante del moto ondoso, non solo per aderenza agli indirizzi del P.T.C., ma anche per assicurare alle acque antistanti, poste ai margini di una grande zona industriale e portuale, con gli inevitabili inconvenienti di ordine igienico, un ricambio idrico del tutto naturale.

Per poter stabilire sul litorale una successione di spiagge potenziate rispetto alle attuali, ma senza effetto impattante sull'ambiente, il progetto prevede i seguenti punti:

- Saldatura alla costa dello Scoglio Nave, che si prevede incorporato in un "pennello" realizzato in massi naturali, che si spinga fino al fondale attuale di circa 10 m.
- Realizzazione di un setto sommerso che raggiunga la profondità di circa –15 m, a completamento del pennello suddetto, attraverso l'utilizzo di elementi prefabbricati in c.a. "a T rovesciata", fondati sul fondale.
- Realizzazione della nuova secca posizionata in corrispondenza dell'attuale secca sommersa, in zona Falconara.
- Realizzazione della nuova secca in corrispondenza di Punta Bonetti.
- Realizzazione della nuova secca in corrispondenza dello Scoglio dell'Aguglia.
- Realizzazione di due pennelli di entità modeste rispetto al Pennello dello Scoglio Nave, agli estremi della Spiaggia Lupara, denominati Lupara di Ponente e Lupara di Levante.
- Realizzazione di un fronte di alimentazione in località Lupara, sul lato ovest rispetto alla foce del Rio Lupara, delimitato a levante da un piccolo pennello avente funzione di filtro.
- Versamento di materiale di ripascimento (stimato complessivamente pari a circa 230.000 m³ per tutto il tratto di litorale), con caratteristiche rispondenti ai requisiti richiesti dalla normativa di riferimento, con caratteristiche dedotte dai risultati degli studi su modello fisico, matematico e sedimentologico, tenendo conto delle attuali caratteristiche della spiaggia.

Attualmente è già stata realizzata, nell'ambito del primo lotto di interventi finanziati dal Comune, la testata di pennello allo Scoglio Nave.

Nell'ambito del presente progetto esecutivo verrà realizzato un secondo lotto di interventi, secondo il profilo

Completeranno gli interventi la realizzazione dei moli Lupara di Levante e di Ponente, delle secche n. 2 e n.3 ed i setti sommersi di fronte allo Scoglio Nave, a seguito dei quali si potrà completare (con interventi esclusi dal presente progetto esecutivo) i volumi di ripascimento previsti nel progetto generale.

Il volume complessivo di materiale proveniente dallo scavo della galleria del Bisagno previsto per gli interventi di ripascimento di II lotto risulta pari a circa 61.440 m.

L'avanzamento delle linea di costa nell'assetto finale è compreso tra un minimo di 10 ad un massimo di 30 metri con un modesto innalzamento massimo del retrospiaggia di 2 metri.

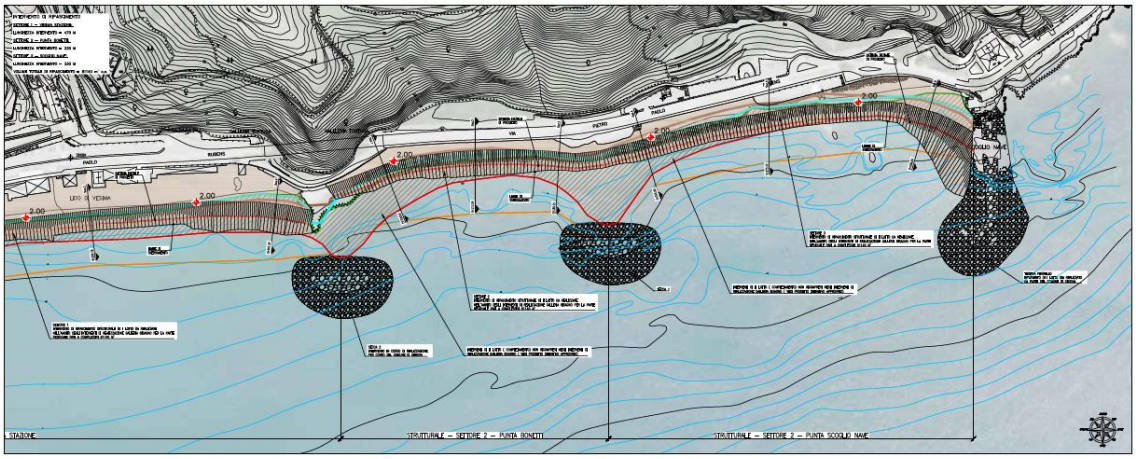


Figura 12-5 – Interventi previsti nella spiaggia di Vesima

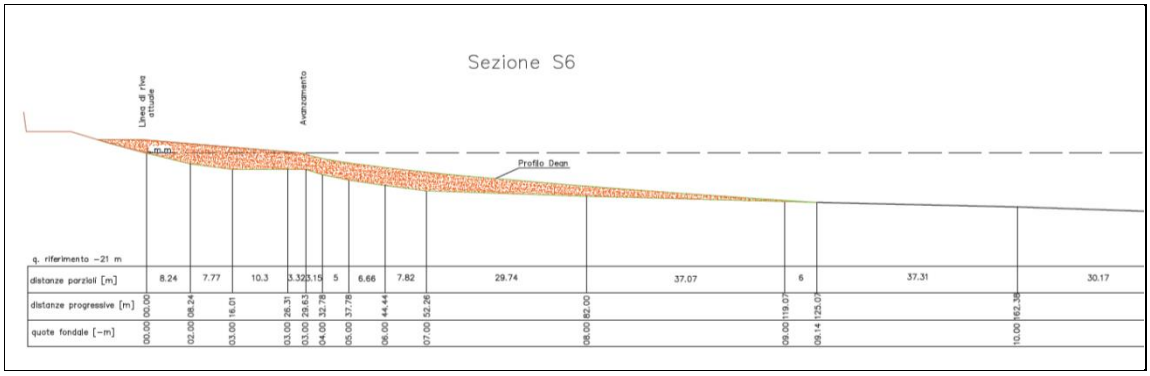


Figura 12-6 – Sezione di intervento (esempio)

12.4 Voltri

12.4.1 Interventi di ripascimento previsti in progetto

Le opere marittime presenti attualmente lungo l'unità fisiografica sono:

- la scogliera radente a protezione dell'abitato di Voltri posta ad est della foce del Torrente Cerusa realizzata tra il 2000 ed il 2006;
- il muro posto nel retrospiaggia a protezione dell'edificio realizzato al centro della passeggiata di Voltri;
- l'armatura di foce del torrente Leira;
- il pennello posto ad est della foce del torrente Leira. realizzato negli anni '70 ed attualmente insabbiato;
- la scogliera di collegamento del pennello posto ad est della foce del torrente Leira con le opere del Porto di Voltri, che limita attualmente la spiaggia verso terra;
- le opere portuali del Porto di Voltri.

L' Autorità Portuale Di Genova ha recentemente commissionato il progetto degli interventi di "Protezione passeggiata di Voltri in destra idraulica del torrente Leira" riguardante in particolare un pennello di difesa del margine orientale del litorale di Voltri.

Il pennello ha forma planimetrica falciforme con concavità rivolta verso il largo (in direzione Sud Est) e per uno sviluppo longitudinale pari a circa 60 m, e verrà realizzato a cura della Autorità Portuale.

A seguito della ultimazione dell'intervento in corrispondenza del pennello in sinistra idraulica del t. Leira sarà possibile procedere alla realizzazione degli interventi di ripascimento, così differenziati:

Settore di ponente

Verrà realizzato un ripascimento con avanzamento medio della linea di battigia dai 10 ai 30 m (lungo la estremità di levante) con l'impiego di materiale ghiaioso proveniente dallo smarino della galleria Bisagno.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con una battigia di costruzione avanzata di circa 12 m e un impiego di ~ 48.650 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le seguenti caratteristiche:

- la quota di sommità della spiaggia sarà pari a + 2,80 m;
- realizzazione di una pendenza del profilo pari a circa 11 ° in corrispondenza della battigia dalla quota +2,80 m alla quota -0,5 m. Tale pendenza consente una buona fruibilità della spiaggia (pendenza sufficientemente dolce) ed al contempo una adeguata protezione delle strutture a tergo (pendenza tale da mantenere avanzata verso la battigia la berma di spiaggia a quota + 2,80 m). La profondità di -0,5 m è inoltre facilmente raggiungibile con mezzi terrestri in fase di realizzazione;
- realizzazione della battigia di costruzione con un avanzamento medio di 12 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nell'ottobre 2017;
- pendenza indicativa di 1 a 3 della parte restante del profilo a mare fino ad incontrare il fondale esistente (fino a circa - 3 m di profondità), equivalente alla pendenza che si ottiene naturalmente nella fase di versamento del materiale.

Il versamento è esteso all'intera spiaggia per una lunghezza complessiva di ~ 560 m e un volume unitario di versamento pari a ~ 85 m³/m.

L'intervento non richiede la realizzazione di nuove opere rigide, oltre a quella realizzata in sinistra Leira da parte della Autorità Portuale di Genova.

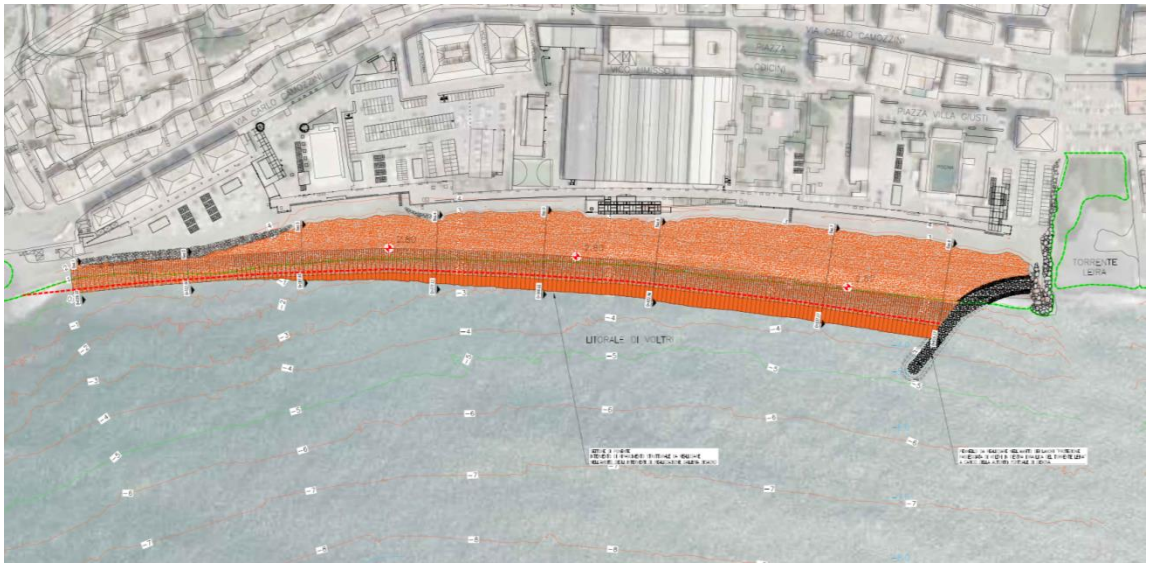


Figura 12-7 – Sviluppo planimetrico dell'intervento di ripascimento in corrispondenza del settore di Ponente della spiaggia di Voltri

Settore di levante

Verrà realizzato un ripascimento con avanzamento medio della linea di battigia di 10 m in condizioni di equilibrio della spiaggia a breve-medio termine (dopo le prime mareggiate) con l'impiego di materiale ghiaioso proveniente dallo smarino della galleria Bisagno.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con una battigia di costruzione secondo la linea indicata nelle tavole progettuali e un impiego di ~ 80.700 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le seguenti caratteristiche:

- la quota di sommità della spiaggia sarà pari a + 2,80 m;
- realizzazione di una pendenza del profilo pari a circa 11 ° in corrispondenza della battigia dalla quota +2,80 m alla quota -0,5 m. Tale pendenza consente una buona fruibilità della spiaggia (pendenza sufficientemente dolce) ed al contempo una adeguata protezione delle strutture a tergo (pendenza tale da mantenere avanzata verso la battigia la berma di spiaggia a quota + 2,80 m). La profondità di -0,5 m è inoltre facilmente raggiungibile con mezzi terrestri in fase di realizzazione;
- realizzazione della battigia di costruzione con un avanzamento variabile da 10 a 30 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nell'ottobre 2017;
- pendenza indicativa di 1 a 3 della parte restante del profilo a mare fino ad incontrare il fondale esistente (fino a circa - 3 m di profondità), equivalente alla pendenza che si ottiene naturalmente nella fase di versamento del materiale.

Il versamento è esteso all'intera spiaggia per una lunghezza complessiva di ~ 780 m e un volume unitario di versamento pari a ~ 105 m³/m.

L'intervento non richiede la realizzazione di nuove opere rigide.

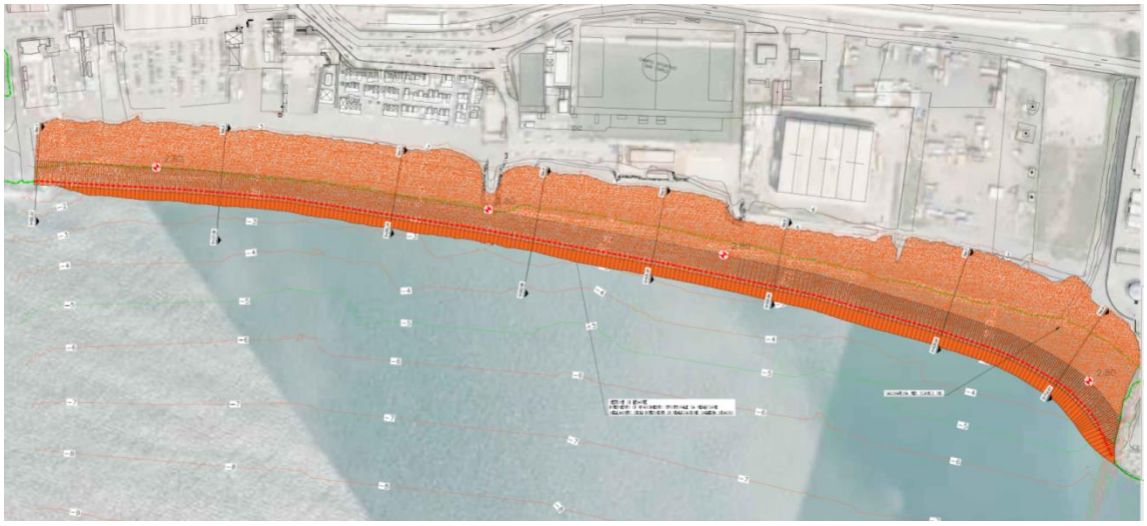


Figura 12-8 – Interventi previsti nel settore di Ponente

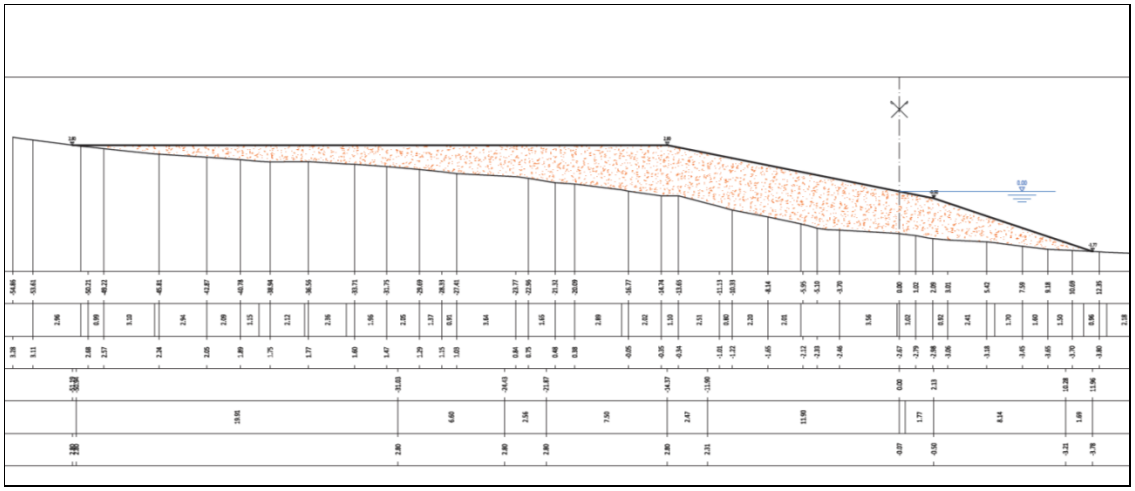


Figura 12-9 – Sezione di intervento (esempio)

12.5 C.so Italia

12.5.1 Opere strutturali e ripascimenti strutturali e stagionali Spiaggia S. Nazaro

Ripascimento

Verrà realizzato un ripascimento con avanzamento medio della linea di battigia di 10 m in condizioni di equilibrio della spiaggia a breve-medio termine (dopo le prime mareggiate) con l'impiego di materiale ghiaioso proveniente dallo smarino della galleria Bisagno, in analogia a quanto in corso di esecuzione con il materiale proveniente dalla galleria Fereggiano.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con una battigia di costruzione avanzata di 15 m rispetto alla battigia attuale e un impiego di ~ 24.000 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le seguenti caratteristiche:

- la quota di sommità della spiaggia sarà pari a + 3,50m;
- realizzazione di una pendenza del profilo di 1 a 5 in corrispondenza della battigia dalla quota +3,50 m alla quota -1,0 m. Tale pendenza consente una buona fruibilità della spiaggia (pendenza sufficientemente dolce) ed al contempo una adeguata protezione delle strutture a

tergo (pendenza tale da mantenere avanzata verso la battigia la berma di spiaggia a quota + 3,50 m). La profondità di -1,0 m è inoltre facilmente raggiungibile con mezzi terrestri in fase di realizzazione;

- realizzazione della battigia di costruzione con un avanzamento di 15 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nel marzo 2003;
- pendenza indicativa di 1 a 3 della parte restante del profilo a mare fino ad incontrare il fondale esistente (circa a -2m di profondità), equivalente alla pendenza che si ottiene naturalmente nella fase di versamento del materiale.

Il versamento è esteso all'intera spiaggia S. Nazaro per una lunghezza complessiva di 180 m e un volume unitario di versamento pari a ~135 m³/m.

Le caratteristiche del materiale previsto (granulometria compresa tra 2 mm e 100 mm con limite della frazione pelitica al 5% in peso) e la forma del profilo iniziale di versamento definito nell'ambito del citato studio pregresso consentono di ottenere una buona protezione delle strutture presenti ed una buona stabilità dell'intervento a breve-medio termine. La spiaggia è governata da una dinamica dei sedimenti di tipo trasversale di moderata entità e tale orientamento sarà ulteriormente confermato, con una dinamica probabilmente ancora inferiore, dopo l'impiego di materiale grossolano per il ripascimento e la costruzione di un profilo con una berma emersa in quota e così avanzata verso mare come quello previsto.

In base ai risultati del dettagliato piano di monitoraggio sarà infine possibile definire con maggiore attendibilità frequenza ed entità di eventuali interventi di manutenzione.

Rifiorimento scogliera esistente (lato di levante)

L'intervento di ripascimento della spiaggia S. Nazaro non richiede la realizzazione di nuove opere rigide in quanto vengono sfruttate le esistenti strutture ai lati della spiaggia per contenere il materiale da versare. In particolare si osserva che la struttura di levante, che separa la Spiaggia S. Nazaro dalla spiaggia Capo Marina, è una scogliera abbastanza degradata che necessita un intervento di ripristino con rifiorimento della mantellata da realizzarsi prima dell'intervento di ripascimento.

Il rifiorimento della scogliera verrà realizzato con massi naturali di 3a categoria (3–7t) (con caratteristiche fisiche e cromatiche rispondenti ai requisiti richiesti) e si prevede l'impiego di ~800 m³ di massi distribuiti su una lunghezza di ~30 m che si sviluppano totalmente a ridosso del molo dei bagni Capo Marina (non è previsto ulteriore aggetto a mare rispetto alla configurazione attuale).

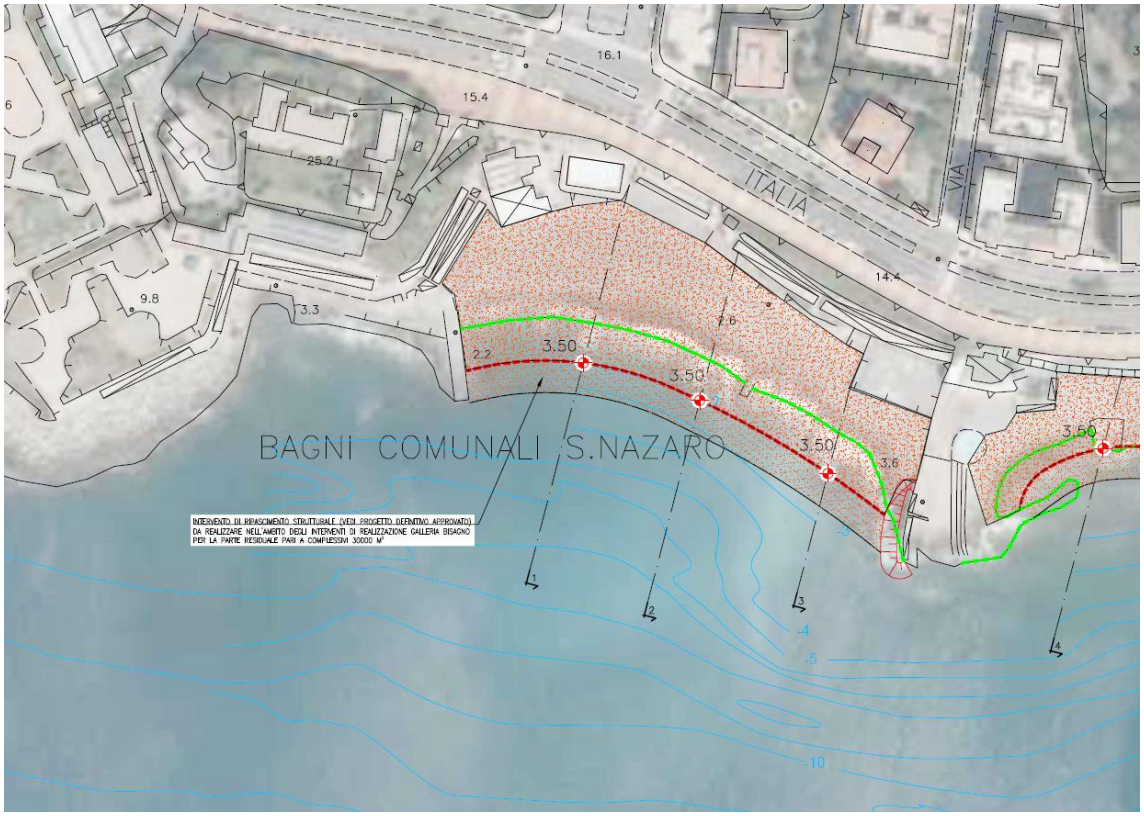


Figura 12-10 – Sviluppo planimetrico degli interventi di ripascimento in corrispondenza della spiaggia di San Nazaro

12.5.2 Opere strutturali e ripascimenti strutturali e stagionali Spiaggia Capo Marina

Ripascimento

Verrà realizzato un ripascimento con avanzamento medio della linea di battigia di 10 m in condizioni di equilibrio della spiaggia a breve-medio termine (dopo le prime mareggiate) con l'impiego di materiale ghiaioso proveniente dallo smarino della galleria Bisagno, in analogia a quanto in corso di esecuzione con il materiale proveniente dalla galleria Fereggiano.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con una battigia di costruzione avanzata di 15 m rispetto alla battigia attuale e un impiego di ~ 9.400 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le seguenti caratteristiche:

- la quota di sommità della spiaggia sarà pari a + 3,50 m;
- realizzazione di una pendenza del profilo di 1 a 5 in corrispondenza della battigia dalla quota +3,50 m alla quota -1,0 m. Tale pendenza consente una buona fruibilità della spiaggia (pendenza sufficientemente dolce) ed al contempo una adeguata protezione delle strutture a tergo (pendenza tale da mantenere avanzata verso la battigia la berma di spiaggia a quota + 3,50 m). La profondità di -1,0 m è inoltre facilmente raggiungibile con mezzi terrestri in fase di realizzazione;
- realizzazione della battigia di costruzione con un avanzamento di 15 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nel marzo 2003;
- pendenza indicativa di 1 a 3 della parte restante del profilo a mare fino ad incontrare il fondale esistente (circa a -1,5m di profondità), equivalente alla pendenza che si ottiene naturalmente nella fase di versamento del materiale.

Il versamento è esteso all'intera spiaggia Capo Marina per una lunghezza complessiva di ~ 95 m e un volume unitario di versamento pari a ~ 100 m³/m.

Il volume unitario risulta inferiore a quello delle altre spiagge per la particolare conformazione dei fondali antistanti i bagni Capo Marina che sono caratterizzati dalla presenza di una berma naturale piuttosto estesa (mediamente la profondità al piede del versamento sarà di ~ 1 ÷ 1,5m, diversamente dalle spiagge di S. Nazaro ed in particolare di S. Giuliano che hanno profondità fino a ~ 4 m).

L'intervento non richiede la realizzazione di nuove opere rigide in quanto vengono sfruttate le esistenti strutture ai lati della spiaggia per contenere il materiale da versare.

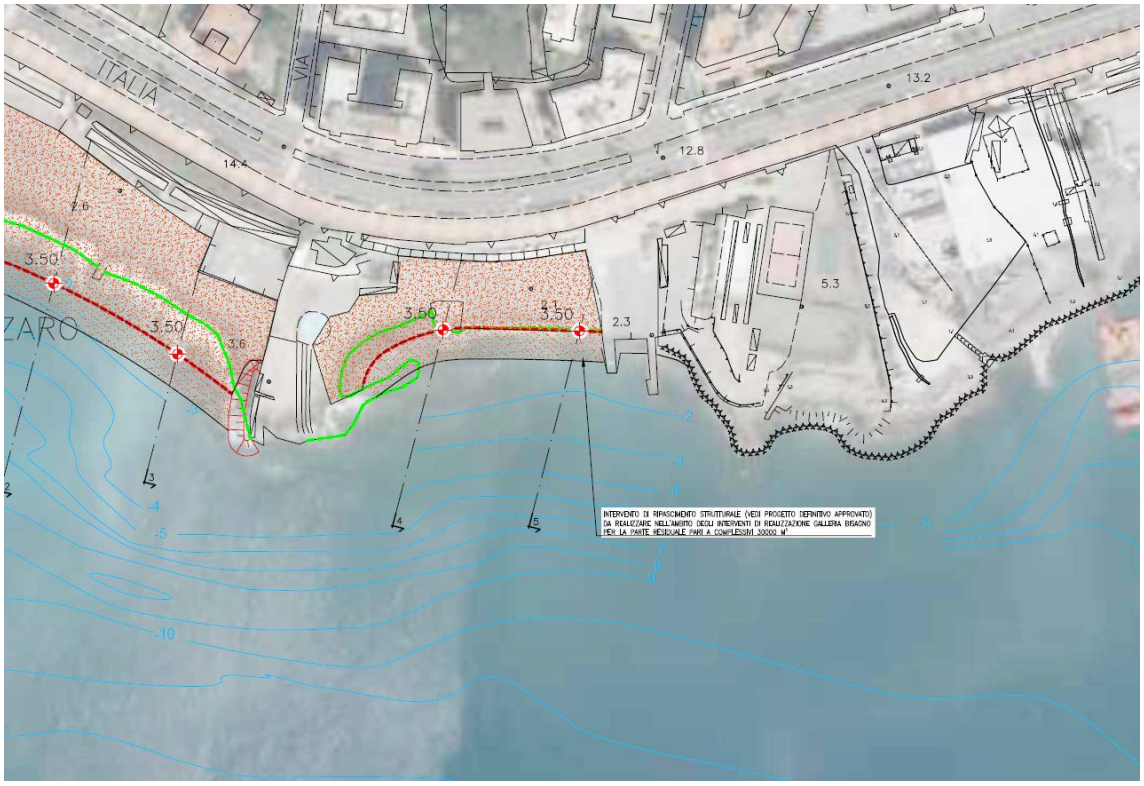


Figura 12-11 – Sviluppo planimetrico degli interventi di ripascimento in corrispondenza della spiaggia di Capo Marina

12.5.3 Opere strutturali e ripascimenti strutturali e stagionali Spiaggia S. Giuliano

Gli interventi di ripascimento previsti nel pregresso studio verranno completati nell'ambito degli interventi in corrispondenza della galleria del Fereggiano, e pertanto non se ne prevede la esecuzione (anche di volumi residuali) nell'ambito del presente progetto esecutivo.

12.6 Sturla

12.6.1 Opere strutturali e ripascimenti strutturali e/o stagionali

In linea con le indicazioni fornite dal Committente dei lavori di realizzazione dello scolmatore del t. Bisagno, si prevede di impiegare parte del materiale di smarino per la realizzazione degli interventi di ripascimento strutturale in corrispondenza delle spiagge di Sturla, ottimizzando in questo modo le risorse economiche disponibili.

A tale proposito le analisi meteo-marine condotte nel citato studio per conto del Comune di Genova hanno evidenziato che l'unica spiaggia in grado di contenere la risalita dell'onda in occasione di mareggiate tipiche o estreme è il tratto della spiaggia di Sturla, a ponente della foce dell'omonimo corso d'acqua; questa spiaggia è tra l'altro l'unica nella quale non sono rilevati progressioni dei fenomeni erosivi.

Le altre spiagge, a partire da quella di Sturla a levante della foce, la spiaggia dei V Maggio e le altre orlature ghiaiose, non sono in grado di assorbire la risalita dell'onda in occasione delle mareggiate e subiscono un progressivo, seppur non particolarmente veloce, fenomeno di erosione, nei confronti del quale sono necessari interventi di ripascimento e/o di rimodellamento per mantenere una larghezza della spiaggia tale da garantirne la fruibilità.

Le conclusioni dello studio citato evidenziano che le condizioni del litorale non sono pertanto omogenee, per morfologia e caratteristiche delle spiagge, per cui gli interventi devono essere così caratterizzati:

Spiaggia di Sturla

Nella spiaggia principale di Sturla il miglioramento delle condizioni della spiaggia a levante del T. Sturla può essere ottenuto con un massiccio ripascimento con materiale sabbioso/ghiaioso, da contenere mediante la costruzione di un pennello in massi alla foce del T. Sturla nella sponda orografica sinistra e quindi a levante della foce stessa, che possa trattenere il materiale più fine che attualmente migra verso ponente, senza pregiudicare il regolare deflusso a mare delle acque del torrente Sturla.

In tale modo si può ovviare al depauperamento della spiaggia dovuto alle correnti verso ponente, ed inoltre l'avanzamento della linea di riva migliorerebbe le condizioni di protezione delle infrastrutture e edifici a tergo.

La spiaggia a ponente del torrente può essere mantenuta e migliorata nella sua stabilità e fruibilità con un eventuale ripascimento (o rimodellazione della spiaggia dopo il ripascimento a levante), per sopperire al potenziale deficit di sedimenti da levante dovuto alla costruzione del pennello.

Spiaggia di Quarto-V Maggio

La spiaggia di Quarto - V Maggio, naturalmente già protetta e compartimentata dai due promontori, può essere potenziata con ripascimenti strutturali di diametro analogo ai sedimenti attualmente presenti.

Orlature centrali

Nelle orlature ghiaiose centrali non è prevedibile la possibilità di ottenere spiagge di rilevanti dimensioni; le piccole spiagge attuali potrebbero essere potenziate con cospicui ripascimenti solo mediante il potenziamento delle opere trasversali esistenti, non prevedibili all'interno del presente progetto.

Pertanto con riferimento agli elaborati grafici di progetto, a cui si rimanda per dettagli, gli interventi di ripascimenti previsti in corrispondenza della spiaggia di Sturla possono così essere riassunti:

- **Spiaggia di Sturla** – ripascimento strutturale: lunghezza di intervento pari a circa 390 m, V = 15.780 m³ circa
- **Orlature centrali** – ripascimento strutturale: lunghezza di intervento pari a circa 190 m, V = 12.940 m³ circa
- **Spiaggia Quarto – V Maggio** - ripascimento strutturale: lunghezza di intervento pari a 110 m, V =7.000 m³

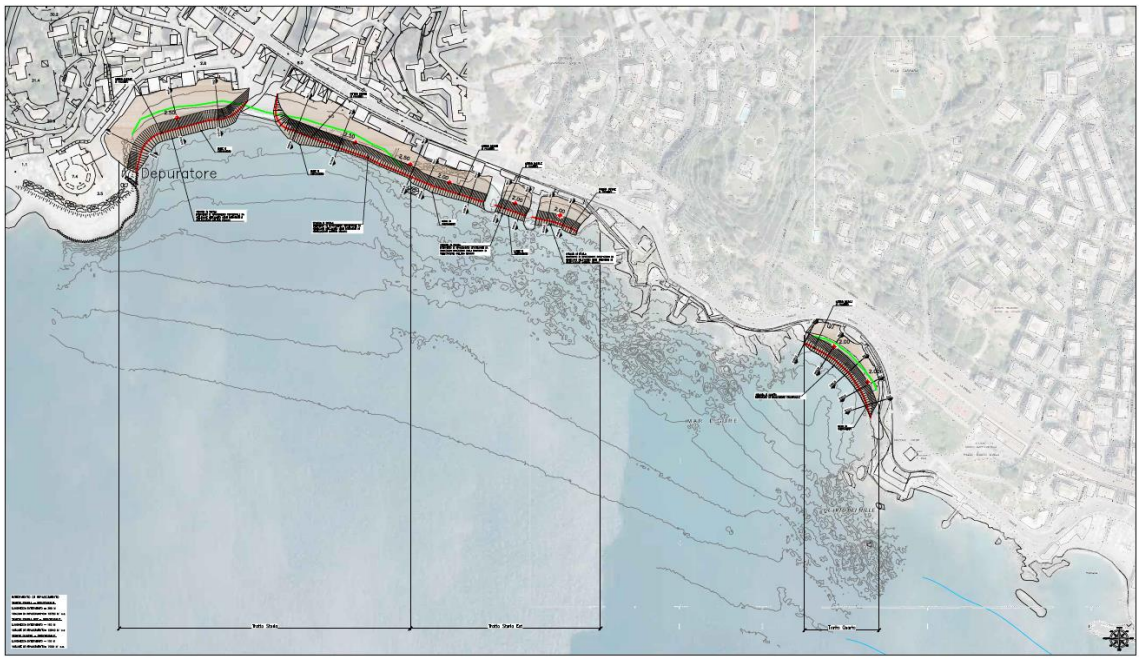


Figura 12-12 – Sviluppo planimetrico degli interventi di ripascimento strutturale in corrispondenza della spiaggia di Sturla

12.7 Levante

12.7.1 Caratteristiche del materiale da utilizzare per il ripascimento

Il materiale utilizzato per l'intervento di ripascimento proviene integralmente dalle attività di scavo della galleria scolmatrice del t. Bisagno, in conformità a quanto indicato nel Piano di Utilizzo allegato al presente progetto esecutivo.

Le caratteristiche del materiale sono già state illustrate in precedenza nella presente relazione.

12.7.2 Opere strutturali e ripascimenti strutturali della spiaggia di Quarto Bolivar

Verrà realizzato un ripascimento con avanzamento medio della linea di battigia variabile da 6 a 12 m in condizioni di equilibrio della spiaggia a breve-medio termine (dopo le prime mareggiate), con l'impiego di materiale ghiaioso proveniente dallo smarino della galleria Bisagno, in analogia a quanto in corso di esecuzione con il materiale proveniente dalla galleria Fereggiano.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con un impiego di circa 4.950 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le seguenti caratteristiche:

- la quota di sommità della spiaggia sarà pari a + 2,0 m;
- realizzazione di una pendenza del profilo di 1 a 5 in corrispondenza della battigia dalla quota +3,50 m alla quota -1,0 m. Tale pendenza consentirà una buona fruibilità della spiaggia (pendenza sufficientemente dolce) ed al contempo una adeguata protezione delle strutture a tergo, mantenendo avanzata la berma di spiaggia a quota + 2,0 m). La profondità di -1,0 m è inoltre facilmente raggiungibile con mezzi terrestri in fase di realizzazione;

- realizzazione della battigia di costruzione con un avanzamento massimo di 12-15 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nel corso dei rilievi batimetrici eseguiti nell'ottobre 2017;
- pendenza indicativa di 1 a 3 della parte restante del profilo a mare fino ad incontrare il fondale esistente (circa a -2 m di profondità), equivalente alla pendenza che si ottiene naturalmente nella fase di versamento del materiale.

Il versamento è esteso all'intera spiaggia per una lunghezza complessiva di 98 m e un volume unitario di versamento pari a 50 m³/m.

La nuova spiaggia consente di ottenere una migliore protezione delle strutture esistenti sul litorale (prevalentemente strutture balneari) ed un sostanziale ampliamento della superficie di spiaggia.

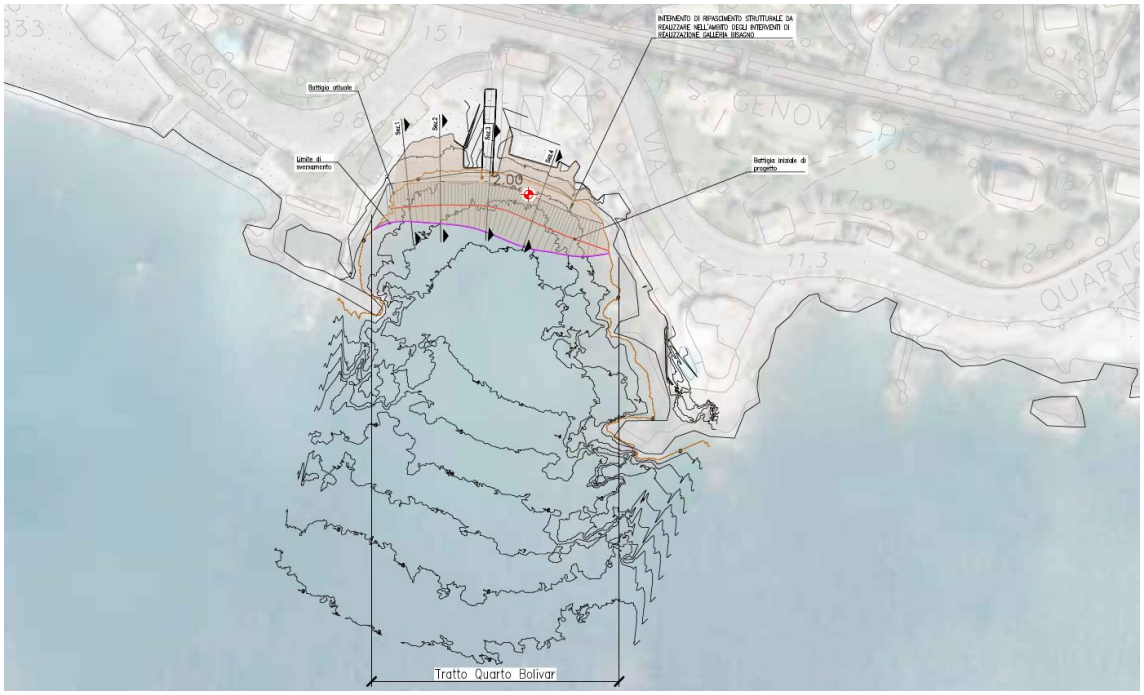


Figura 12-13 – Sviluppo planimetrico del ripascimento strutturale in corrispondenza della spiaggia di Quarto Bolivar

12.7.3 Opere strutturali e ripascimenti strutturali spiaggia della Lega Navale

Verrà realizzato un ripascimento con avanzamento medio della linea di battigia variabile da 10 a 11 m in condizioni di equilibrio della spiaggia a breve-medio termine (dopo le prime mareggiate), con l'impiego di materiale ghiaioso proveniente dallo smarino della galleria Bisagno, in analogia a quanto in corso di esecuzione con il materiale proveniente dalla galleria Fereggiano.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con un impiego di circa 2.580 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le stesse caratteristiche già illustrate per la spiaggia di Quarto Bolivar:

Il versamento è esteso all'intera spiaggia per una lunghezza complessiva di 68 m e un volume unitario di versamento pari a 38 m³/m.

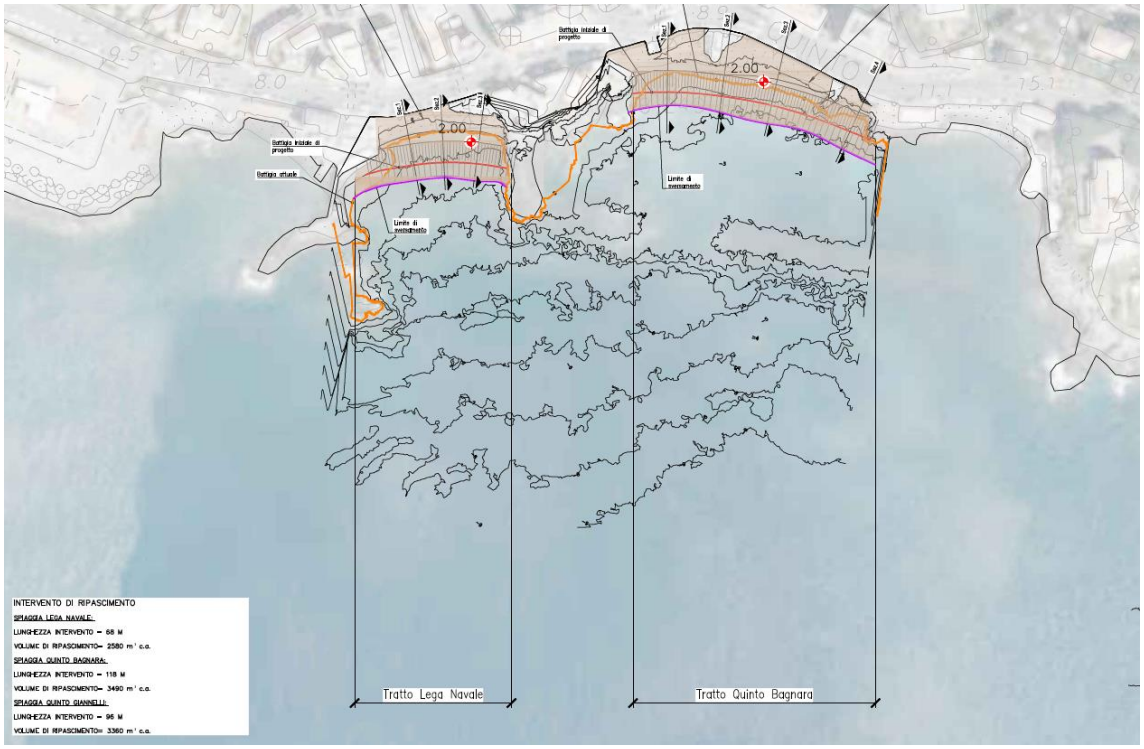


Figura 12-14 – Sviluppo planimetrico del ripascimento strutturale in corrispondenza della spiaggia della Lega Navale

12.7.4 Opere strutturali e ripascimenti strutturali spiaggia di Quinto Bagnara

Verrà realizzato un ripascimento con avanzamento medio della linea di battigia medio pari ad 8 m in condizioni di equilibrio della spiaggia a breve-medio termine (dopo le prime mareggiate), con l'impiego di materiale ghiaioso proveniente dallo smarino della galleria Bisagno, in analogia a quanto in corso di esecuzione con il materiale proveniente dalla galleria Fereggiano.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con un impiego di circa 3.490 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le stesse caratteristiche già illustrate per la spiaggia di Quarto Bolivar:

Il versamento è esteso all'intera spiaggia per una lunghezza complessiva di 118 m e un volume unitario di versamento pari a 30 m³/m.

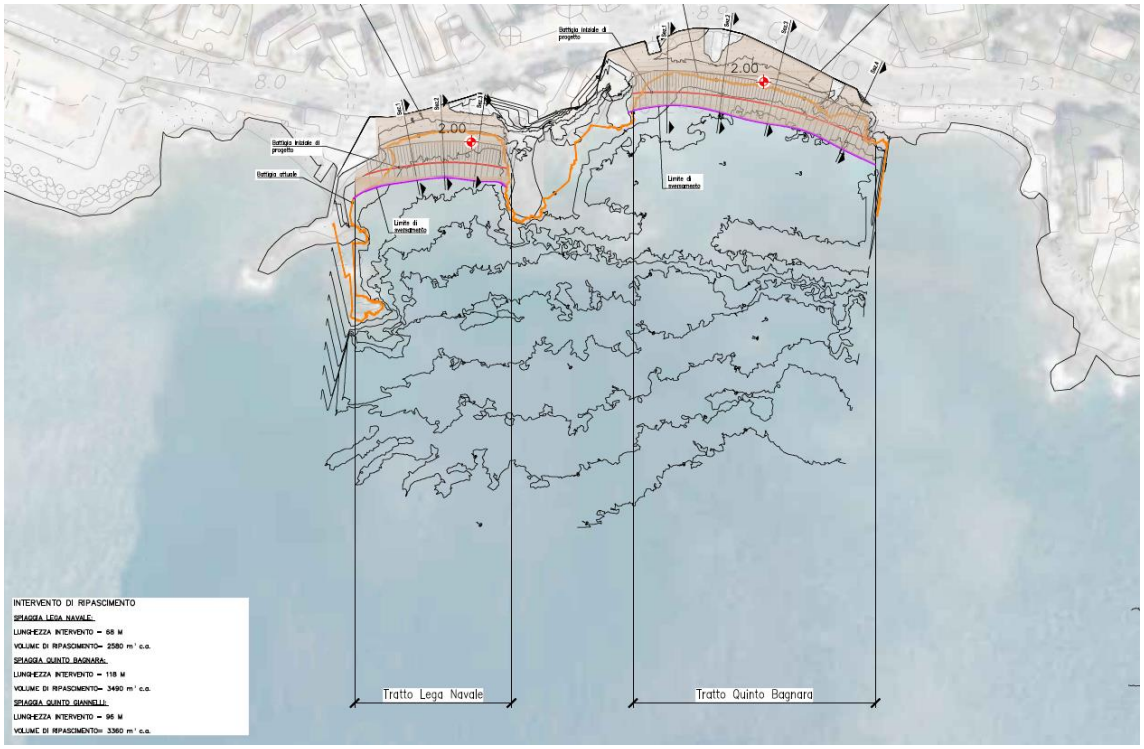


Figura 12-15 – Sviluppo planimetrico del ripascimento strutturale in corrispondenza della spiaggia di Quinto Bagnara

12.7.5 Opere strutturali e ripascimenti strutturali spiaggia di Quinto Giannelli

Verrà realizzato un ripascimento con avanzamento medio della linea di battigia medio pari ad 8 m in condizioni di equilibrio della spiaggia a breve-medio termine (dopo le prime mareggiate), con l'impiego di materiale ghiaioso proveniente dallo smarino della galleria Bisagno, in analogia a quanto in corso di esecuzione con il materiale proveniente dalla galleria Fereggiano.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con un impiego di circa 3.360 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le stesse caratteristiche già illustrate per la spiaggia di Quarto Bolivar.

Il versamento è esteso all'intera spiaggia per una lunghezza complessiva di 96 m e un volume unitario di versamento pari a 35 m³/m.

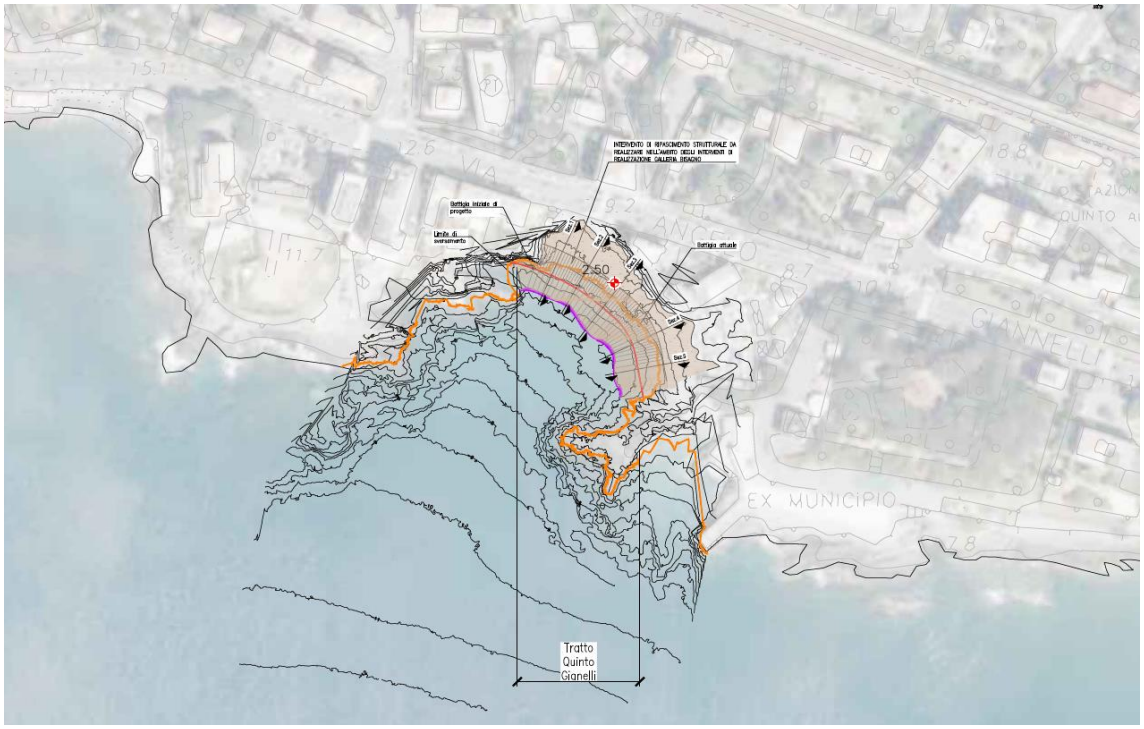


Figura 12-16 – Sviluppo planimetrico del ripascimento strutturale in corrispondenza della spiaggia di Quinto Giannelli

12.7.6 Ripascimenti stagionali

Si prevede la realizzazione dei seguenti ripascimenti stagionali:

- Spiaggia di **Quarto/Stacchetti** – Lunghezza pari a 50 m circa – Volume ripascimento pari a 500 m³ ca;
- Spiaggia di **Quinto Rusca** – Lunghezza pari a 30 m circa – Volume ripascimento pari a 300 m³ ca
- Spiaggia di **Capolungo** – Lunghezza pari a 25 m circa – Volume ripascimento pari a 250 m³ ca

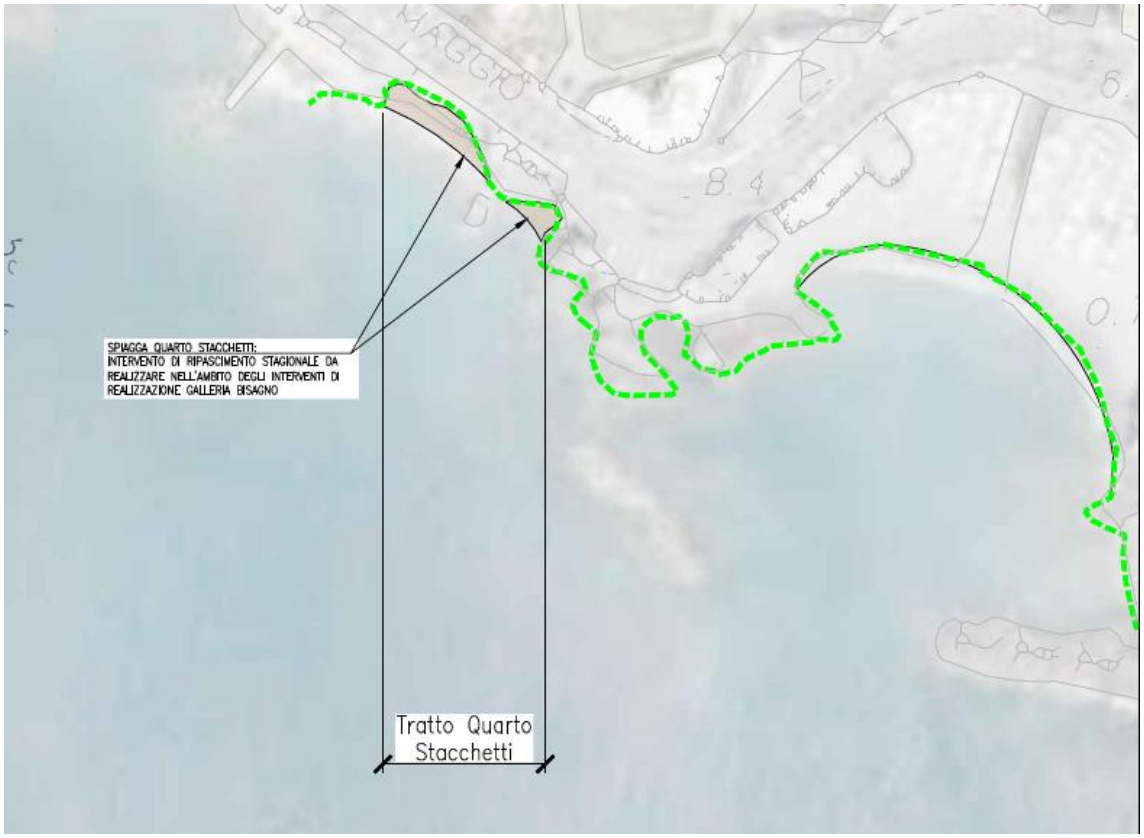


Figura 12-17 – Sviluppo planimetrico dei ripascimenti stagionali in corrispondenza delle spiagge di Quarto/Stacchetti

13 IMPIANTI ELETTROMECCANICI

La derivazione delle portate di piena del torrente Bisagno avviene attraverso la manovra delle paratoie collocate in fregio all'opera di sbarramento.

La misura della portata di piena in arrivo da monte avverrà mediante segnalazione a cura di misuratori idrometrici ad ultrasuoni mentre la misura della portata deri-vata alla galleria scolmatrice avverrà mediante un ultriore rilevatore ad ultrasuoni.

E' stata prevista l'installazione di tre paratoie a settore, tutte uguali, aventi una luce di 13.60 m ed un'altezza di 3.80 m, sufficientemente rigide e guidate lateralmente per tenere conto della possibile asimmetria dei carichi dovuta alla non uniforme distribuzione delle velocità e dei livelli idrici immediatamente a monte delle paratoie stesse. Per tenere conto degli effetti del trasporto solido durante le piene, il mantello è costituito da lamiera di acciaio di spessore maggiorato e con elevate caratteristiche antiusura. Le guarnizioni di tenuta sono registrabili da valle e scorrono su superfici di acciaio inossidabile. Perni e supporti di rotazione sono in materiale autolubrificante per ridurre al minimo le necessità di manutenzione.

Ciascuna paratoia è manovrata da una coppia di cilindri oleodinamici dotati di dispositivi anticaduta nel caso, seppure remoto, di rottura delle tubazioni del circuito oleodinamico. Ogni coppia di cilindri è alimentata da una centrale oleodinamica propria, dotata di due gruppi elettropompa, uno di riserva all'altro. In generale, le elettrovalvole di comando e controllo del circuito oleodinamico sono ridondanti per garantire il funzionamento anche in caso di rottura di una di esse. Le centrali oleodinamiche sono fra loro interconnesse per permettere il funzionamento di una paratoia anche in caso di fuori servizio completo della propria unità di potenza.

La manovra completa di apertura di una paratoia può avvenire in un tempo di circa 15 minuti. In caso di assenza totale della tensione di rete, due gruppi elettrogeni, uno di riserva all'altro, con accensione automatica, forniscono l'energia per la manovra delle paratoie; allo stesso tempo l'impianto oledinamico a servizio delle paratorie sarà dotato di pompe di emergenza manuali da utilizzarsi in caso di estrema emergenza.

Per massimizzare il grado di affidabilità dell'impianto, sono stati duplicati anche i dispositivi di segnalazione remota del grado di apertura delle paratoie.

Il funzionamento delle paratoie a settore è controllato da un PLC secondo sequenze operative prestabilite. Ciascuna paratoia può essere manovrata indipendentemente dalle altre secondo un programma predefinito e può essere mantenuta a qualunque grado di apertura da quota 38.17 fino a quota 44.32 m s.m. I parametri numerici e le soglie possono essere modificati in qualunque momento in funzione di mutate esigenze di impianto, agendo semplicemente sul software del PLC. Il comando delle paratoie può essere eseguito anche manualmente tramite apposita commutazione.

I segnali di controllo delle paratoie e dei parametri di regolazione (livelli, portate, posizione delle paratoie, ecc.) ed il funzionamento del PLC sono alimentati a 24 V c.c. In caso di mancanza di energia, i circuiti di comando restano comunque alimentati da batterie con caricabatteria in tampone; ciò permette di non perdere il controllo dei vari parametri durante l'eventuale transitorio di mancanza di rete, fintanto che non entra a regime un gruppo elettrogeno. Inoltre, nella ipotesi molto remota di mancato avvio di entrambi i gruppi elettrogeni, ciò consente di trasmettere un allarme e di controllare la situazione completa dell'impianto per circa 30 minuti agendo, per quanto possibile, manualmente.

Per consentire interventi di manutenzione sulle paratoie a settore, sono state previste due panconature, una a monte ed una a valle delle paratoie stesse. In particolare sono stati previsti i gargami a monte e a valle delle tre luci, mentre gli elementi mobili sono in quantità tale da isolare una sola luce per volta e solo in caso di un livello idrico massimo di 1 m in alveo (due elementi da 1.5 m cadauno a valle, un singolo

elemento da 1.5 m a monte); ciò in quanto si prevedono interventi sulle paratoie poco frequenti e programmabili.

Lo stoccaggio dei quattro elementi forniti avviene entro un apposito pozzo predisposto con guide e supporti, realizzati pressoché al di sotto del piano di calpestio a quota 45.20 m s.m. e situato in sinistra idraulica a valle dello sfioratore fisso. Una copertura metallica protegge i panconi ed impedisce cadute accidentali di materiale nei periodi di non utilizzo.

Le operazioni di installazione e rimozione dei panconi potranno avvenire tramite autogru e per mezzo di una trave pescatrice ad aggancio semiautomatico previa rimozione della copertura metallica; non sono previste strutture permanenti per la movimentazione dei panconi in quanto non si prevedono frequenti interventi di manutenzione sulle paratoie.

Non sono previsti dispositivi particolari per il riempimento e lo svuotamento delle camere tra pancone e paratoia durante le operazioni di manutenzione alla paratoia, ipotizzando di utilizzare pompe normalmente reperibili in commercio.

14 INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO ED AMBIENTALE

14.1 Opere in alveo

Il trasferimento di quota parte delle portate di piena alla galleria scolmatrice del Bisagno, è garantito dalla realizzazione delle opere idrauliche che interesseranno il tratto di alveo compreso tra la passerella pedonale esistente ed il ponte Ugo Gallo. Ci si riferisce a:

- briglia selettiva con vasca di dissipazione e contro-briglia;
- sistemazione idraulica dell'alveo mediante rivestimento in massi;
- opera di presa con sfioratore longitudinale;
- opera di sbarramento trasversale al t. Bisagno;

A tali opere si aggiungono alcune opere accessorie, funzionali al corretto inserimento delle opere nel contesto urbano ed a garantire l'operatività delle opere idrauliche previste. Ci si riferisce a:

- nuova passerella pedonale;
- edificio di controllo.

Gli elementi materici e geometrici delle opere in progetto sono vincolati prevalentemente a valutazioni di carattere idraulico; peraltro le opere saranno inserite in un contesto urbanizzato fortemente caratterizzato dalla presenza dei muri spondali in cemento armato, che limitano fortemente la percezione di naturalità del corso d'acqua.

In merito all'impatto visivo delle opere si segnala come i numerosi approfondimenti ed affinamenti condotti nel corso dell'iter progettuale, sia precedente che contestuale alla attuale fase, con verifiche numeriche e mediante modello fisico, non permettano il ricorso a conformazioni geometriche differenti da quelle ipotizzate nel presente progetto.

A tale proposito si segnala, per esempio, come il ricorso al rivestimento del fondo alveo (che ricalca quanto già previsto nel Progetto definitivo), anche con riferimento all'assegnazione delle quote di fondo alveo di progetto, necessiti l'impiego di uno strato di pietrame con pezzatura pari a 10 – 200 kg, avente spessore di 80 cm, mentre lungo le sponde sarà realizzata una difesa mediante la posa per uno spessore pari a 1.70 m, di pietrame di pezzatura sino a 2.000 kg, posato su un substrato di 40 cm di pietrame a minor pezzatura 10 – 200 kg.

Tale opera verrà lentamente "colonizzata", almeno per la parte golenale lungo cui con minore frequenza si verificano deflussi di piena, dalla vegetazione che già attualmente caratterizza l'alveo del t. Bisagno.



Figura 14-1 – Vista dell'alveo del t. Bisagno verso monte in corrispondenza della futura opera di sfioro (incrocio via Adamoli – via Merello)



Figura 14-2 – Simulazione fotografica dell'alveo al termine dei lavori



Figura 14-3 – Simulazione fotografica dell'alveo del t. Bisagno in corrispondenza dell'opera di sfioro a due anni dalla ultimazione dei lavori in alveo

Gli unici elementi su cui sarà possibile intervenire per garantire un migliore inserimento paesaggistico ed ambientale al termine dei lavori sono pertanto:

- **edificio di controllo**, per il cui prospetto è prevista la realizzazione di una intonacatura e tinteggiatura con colorazioni conformi al panorama urbano locale
- **aiuola** in corrispondenza della piazzola di deposito dei panconi dove verranno realizzate cortine arbustive utilizzando una composizione di piante ornamentali a portamento arbustivo delle specie: *Pistacia terebinthus L - Anacardiaceae - Terebinto* - Pianta rustica resistente alla siccità dotata di apparato radicale sviluppato e profondo che le permette di resistere al freddo; *Viburnum lantana L. - Adoxaceae - Lantanara* - Pianta rustica, termofila che cresce anche in terreni magri senza ristagno di acqua estremamente bella dal punto di vista ornamentale; *Ligustrum vulgare L. - Oleaceae - Ligustro* - Pianta eliofila spesso anche coltivata; *Spartium junceum L. - Fabaceae - Ginestra odorosa* - Specie facilmente adattabile a ogni tipo di terreno con copiose fioritura e resistente al freddo*;*
- **Ponte pedonale,** la cui strutturaè stata prevista in conformità alla configurazione prevista nel progetto definitivo, mediante l'impiego di acciaio cor.ten.



Figura 14-4 – Vista prospettica dell'edificio di controllo con sullo sfondo gli edifici residenziali di via Emilia

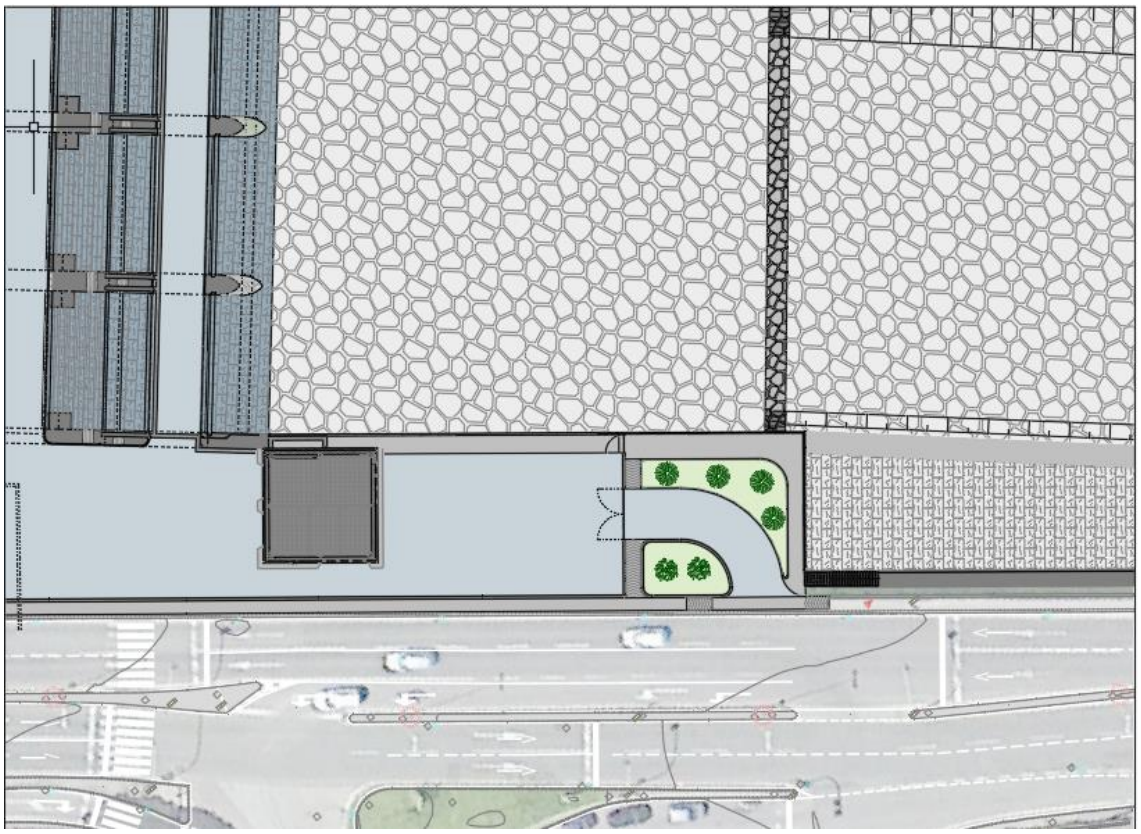


Figura 14-5 – Particolare della aiuola prevista in corrispondenza dell'edificio di controllo



Figura 14-6 – Ponte pedonale esistente



Figura 14-7 – Simulazione fotografica del nuovo ponte pedonale previsto in progetto

14.2 Cantiere area ex-canile

L'opera di sostegno e la conformazione del nuovo piazzale ricavato nell'area ex-canile con lo scopo di permettere la realizzazione della finestra di accesso per la realizzazione della nuova galleria scolmatrice, saranno restituite con funzionalità di opere definitive al termine dei lavori, come da richiesta della committenza.

Per tale motivo sono previste alcune opere di inserimento ambientale, con particolare riferimento al manufatto perimetrale di contenimento. Ci si riferisce in particolare a:

- Rivestimento della paratia di pali trivellati, multi-tirantata, con getti in opera per il placcaggio delle palificate tirantate, in allineamento con l'aggetto del cordolo di testa. Saranno predisposte apposite tasche per il ritesaggio eventuale delle tirantature, durante la vita utile dell'opera (assunta nello specifico pari a 100 anni, coerentemente con la natura strategica dell'intervento in oggetto).

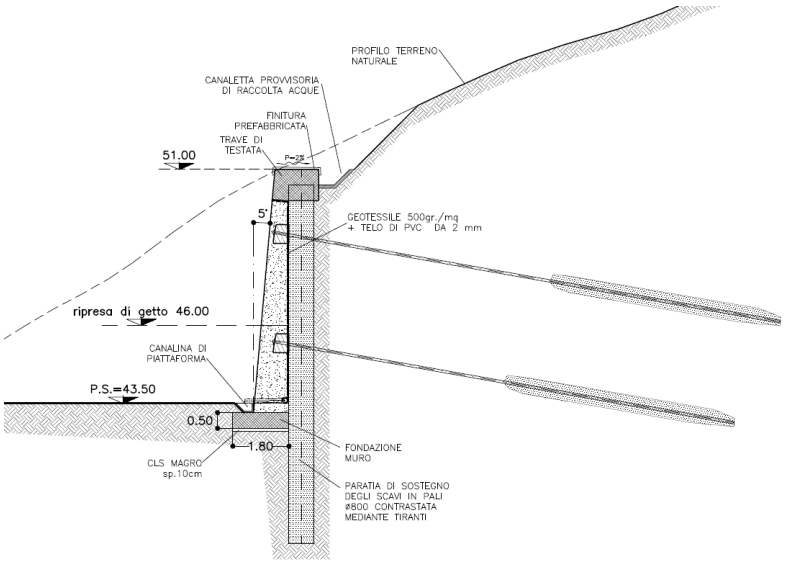


Figura 14-8 – Paratia di imbocco – sezione trasversale tipo sistemazione finale

- Realizzazione di aiuole verdi perimetrali, in corrispondenza delle quali sarà possibile piantumare delle specifiche essenze arbustive ed arboree per il mascheramento dei muri stessi.

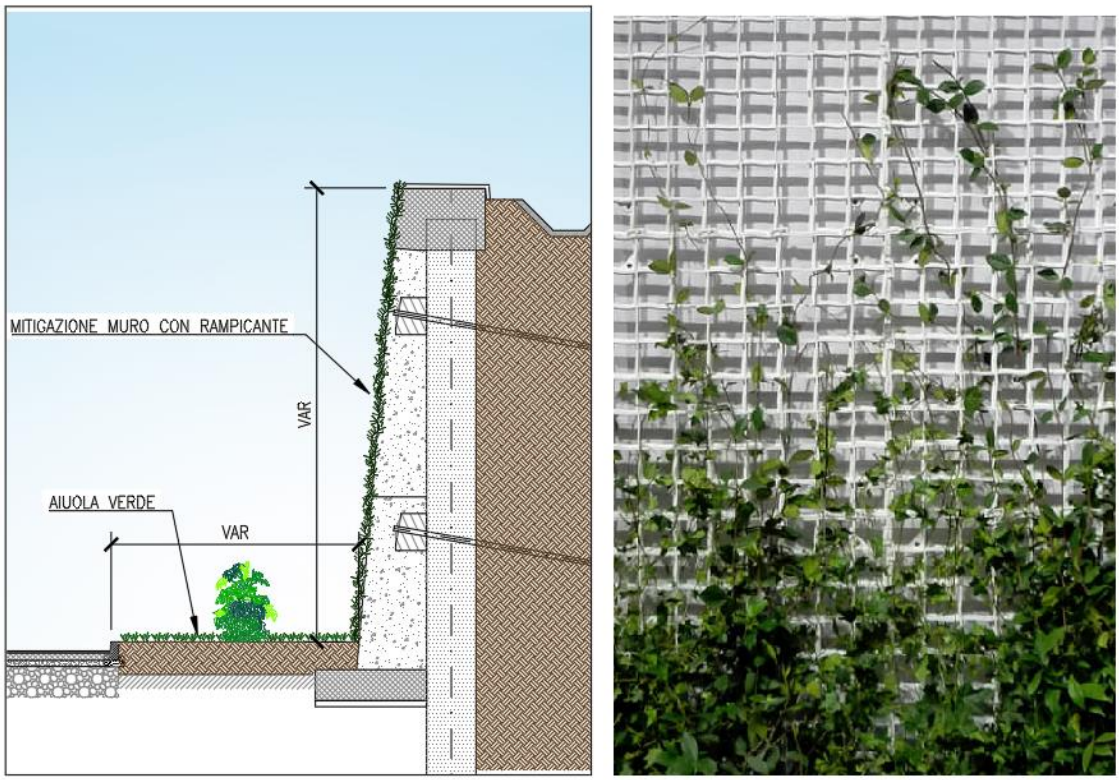


Figura 14-9 – Mascheramento dei muri con aiuola verde e essenze rampicanti

- Rivestimento dello scatolare di deviazione del rio Sciorba con palizzata in legname a doppia parete e con lastre di pietrame.

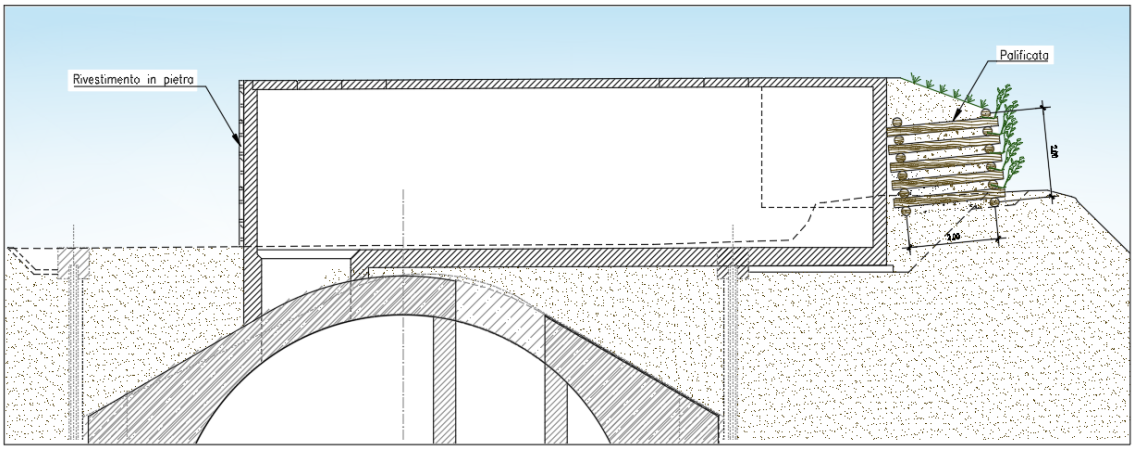


Figura 14-10 – Mascheramento dei muri fuori terra della deviazione del rio Sciorba con palizzata in legname a doppia parete e con lastre di pietra.

Con riferimento ai muri di contenimento e perimetrali del cantiere ex canile, si prevede di realizzarne una copertura a verde utilizzando piante rampicanti sia discendenti dalla sommità (lato collina), sia risalenti dalla base.

Sulla sommità, oltre il cordolo in c.a. posato sulla berlinese, è prevista una striscia di terreno della larghezza di 50-80 cm e profondità almeno 40-50 cm, prima della scolina destinata a raccogliere le acque di sgrondo del versante, per tutta la lunghezza del muro dove impiantare le piantine di rampicante con portamento scandente alla distanza di 50 cm le une dalle altre.

In fase di impianto occorre verificare l'efficacia del drenaggio e prevedere idonea irrigazione per le prime fasi di attecchimento.

Alla base è pure prevista una striscia di terreno della larghezza di 50-80 cm e profondità almeno 40-50 cm dove verranno impiantate le piantine di rampicante alla distanza di 50 cm le une dalle altre.

Occorre inoltre prevedere, se il fondo è in cemento o compatto, un efficace sistema di drenaggio per le acque meteoriche utilizzando un tubo forato o uno strato di materiale drenante alla base.

E' necessario poi posizionate un'ala gocciolante per l'irrigazione nella fase iniziale di impianto. Per la parte ascendente della copertura è stato scelto di utilizzare piante di edera (*Hedera helix L. subsp. helix – Araliaceae*) o una sua cultivar a foglie diverse o screziate (essendo un ambiente urbano fortemente antropizzato non è necessario utilizzare specie autoctone ma possiamo anche usare ornamentali).

La specie indicata ha la possibilità di colonizzare direttamente il muro ma è necessario che questo abbia una superficie rugosa che permetta il fissaggio delle pianta. In caso contrario si favorirà il fissaggio al muro tramite il posizionamento di una graticcio o di una rete.



Figura 14-11 – Simulazione fotografica dell'area di cantiere ex-canile nella configurazione ante-operam.



Figura 14-12 – Piazzale in corrispondenza dell'area ex-canile nella configurazione attuale.



Figura 14-13 – Simulazione fotografica dell'area al termine dei lavori

14.3 Sbocco a mare

Con riferimento alla conformazione finale delle opere in progetto, si sottolinea come nell'ambito del presente appalto sia previsto il collegamento della galleria scolmatrice del t. Bisagno con il manufatto di sbocco a mare già realizzato nell'ambito dei lavori del Fereggiano, in conformità al Progetto esecutivo ivi approvato.

Nell'ambito del presente progetto esecutivo sono pertanto confermate le opere di inserimento paesaggistico ed ambientale già previste nell'ambito dei citati interventi, ed in particolare:

- Il manufatto di sbocco è costituito dal prolungamento della galleria di scolmo per circa 120 m oltre Corso Italia fino allo sbocco a mare;
- per la parte terminale è previsto il taglio in sagoma della sezione di sbocco, in modo da raccordare meglio l'opera con l'andamento della scogliera circostante; in virtù della quota di sbocco posta a -6.30 m s.m.m., la sezione terminale del manufatto risulterà sommersa per circa 2/3 al di sotto del livello medio del mare, risultando di conseguenza in buona parte invisibile sia da terra sia da mare;
- a lavori terminati, del manufatto sarà visibile soltanto la parte superiore (circa 1,5 m dell'estradosso della galleria);
- a protezione della galleria verrà realizzata una nuova scogliera in massi naturali opportunamente dimensionati e di tipologia e colore omogenei con quelli della scogliera esistente; è previsto ino verrà inoltre un modesto avanzamento dell'attuale linea di battigia, proteggendola con massi opportunamente dimensionati;

- solo la zona di spiaggia attraversata dalla galleria risulterà quindi modificata con un sovralzo massimo localizzato di circa 1.0 - 1.5 m rispetto alla conformazione originaria, rimanendo la completa fruibilità del tratto di costa.

L'esecuzione dell'opera di scarico come approvata consentirà quindi il mantenimento delle attuali destinazioni d'uso delle aree, permettendo una migliore riorganizzazione delle strutture balneari.

Inoltre la soluzione indicata è compatibile con il progetto di "Riqualificazione e sistemazione della costa dalla Foce a Boccadasse" della Provincia di Genova, il cui intervento potrebbe essere esteso nella medesima configurazione proposta in tutto il tratto da S. Nazaro a Boccadasse.

I ripristini e le sistemazioni esterne consentiranno l'ottimale inserimento dell'opera nel contesto territoriale, garantendo il mantenimento dello stato dei luoghi e la fruibilità in tempo ordinario dell'area a scopo ricreativo e balneare.

Tutta la zona di costa attraversata dalla galleria risulterà infatti completamente fruibile con un sovralzo massimo localizzato di circa 2,00 - 2,50 m rispetto alle attuali quote del terreno; in prossimità della galleria il sovralzo sarà costituito con una gradonatura in cls, in conformità a strutture analoghe già presenti in zona: peraltro buona parte della striscia che sarà occupata dallo scaricatore è attualmente caratterizzata dalla presenza di attrezzature balneari su due livelli (cabine), a suo tempo realizzate con strutture di grande impatto predisposte nell'ambito dei lavori di scavo del deviatore del torrente Fereggiano.



Figura 14-14 – Simulazione fotografica dell'area di sbocco al termine dei lavori "Fereggiano"



Figura 14-15 – Simulazione fotografica dell'area di sbocco al termine dei lavori "Bisagno"

Le opere di cui al presente progetto si inseriscono perfettamente nell'ambito dei lavori di ripristino in precedenza descritti e già approvati, consentendo il mantenimento delle attuali destinazioni d'uso delle aree, permettendo una migliore riorganizzazione delle strutture balneari (per esempio ricollocando le cabine sostanzialmente nella posizione attuale lungo la striscia di terreno occupata dallo scolmatore).

Per quanto detto sopra, l'intrusione visiva e l'impatto paesaggistico dell'opera sono considerati complessivamente poco significativi. Infatti valutando i numerosi vincoli di natura tecnica, si deduce come la configurazione dello sbocco permetta di rispondere al meglio sia ai requisiti di ordine tecnico sia di natura ambientale, garantendo un buon inserimento dell'opera nella linea di costa esistente, minimizzando l'impatto visivo del manufatto ed assicurando inoltre la fruibilità della spiaggia (non solo ad opere eseguite, ma anche durante i lavori).

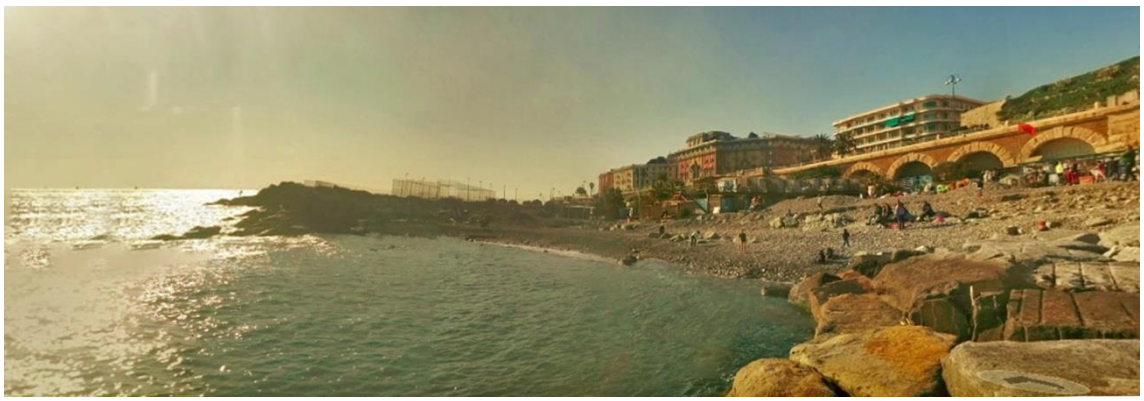


Figura 14-16 – Vista dello sbocco nella conformazione antecedente ai lavori



Figura 14-17 – Render della conformazione dell'arenile di San Giuliano al termine de lavori

In merito all'impatto visivo delle opere si segnala, ad esempio, come i numerosi approfondimenti ed affinamenti condotti nel corso dell'iter progettuale, con verifiche numeriche e mediante modello fisico, abbiano evitato sia il ricorso a tipologie di difesa di costa in cemento armato o realizzate con elementi poliedrici artificiali (tipo tetrapodi), sia, in alternativa, la creazione di un'opera di protezione a mare, che l'applicazione delle formule di letteratura indicavano in prima analisi come necessarie.

Le caratteristiche geometriche e la tipologia del manufatto di sbocco progettato potrebbero quindi consentire, di fatto, il mantenimento delle attuali destinazioni d'uso e le medesime perimetrazioni delle aree, permettendo, nel contempo, una migliore organizzazione delle strutture balneari: infatti al termine della realizzazione delle opere in progetto, tali strutture potrebbero essere ricostruite dove attualmente presenti, collocandole al di sopra dell'area che verrà occupata dalla galleria.

Anche la vista da mare delle strutture di Corso Italia rimarrà sostanzialmente inalterata rispetto allo stato di fatto a meno della stretta strettamente interferente con la sagoma dello scolmatore, essendo prevista, al termine dei lavori, la ricostruzione delle arcate che saranno interrotte in fase costruttiva per la realizzazione dell'attacco di valle della galleria.

15 CANTIERIZZAZIONE

15.1 Parte generale

I lavori verranno eseguiti secondo la fasizzazione riportata negli elaborati grafici allegati al presente progetto, a cui si rimanda per maggiori dettagli.

15.2 Gestione delle materie

Il riutilizzo del materiale da scavo prodotto in cantiere assicura una riduzione drastica del consumo di risorse naturali riducendo, nel contempo, drasticamente la produzione di rifiuti.

I volumi di materiali di scavo prodotti nell'ambito del cantiere ammontano complessivamente a circa 809.200 m³ valutati in banco, suddivisi in differenti ambiti del cantiere:

- Ambito alveo Bisagno: 75.170 m³
- Ambito ex-canile: 726.253 m³, suddivisi nell'area del cantiere (22.568 m³) e della galleria (703.685 m³)
- Ambito sbocco (C.so Italia): 7.750 m³

Si prevede di reimpiegare per la produzione del cls necessario per l'opera circa 87.500 m³ di inerte. Il rimanente quantitativo di materiale, sarà destinato in massima parte al reimpiego all'esterno dell'area di cantiere per il ripascimento degli arenili e, in misura minore, sarà destinato a discarica, qualora abbia caratteristiche non compatibili con gli usi previsti.

Il reimpiego dell'inerte proveniente dalle operazioni di scavo per il confezionamento del cls determina una sostanziale diminuzione del traffico veicolare in ingresso al cantiere eliminando completamente l'ingresso/uscita delle betoniere.

Dal profilo geologico-geotecnico dell'asse della galleria in progetto risulta che i materiali incontrati durante lo scavo del tunnel sono i seguenti, dal più antico al più recente:

- Argilliti di Montoggio: argilliti laminate e scagliettate di colore scuro;
- Flysch di Monte Antola: sequenza monotona di strati torbiditici accumulati in facies distale costituita da alternanze etropiche di calcari arenacei fini, calcari marnosi, marne calcaree, livelli di argilliti e più raramente strati a base arenacea. I livelli calcarei e marnosi si presentano in strati e banchi da sub metrici a plurimetrici (spessore medio 1,0 – 1,5 m) mentre gli interstrati argillitici hanno spessore decimetrico;
- Depositi colluviali, alluvionali, di spiaggia e riporti antropici prevalentemente granulari.

Per la realizzazione degli interventi che prevedono il reimpiego del materiale di scavo, si prevede di utilizzare esclusivamente materiale proveniente esclusivamente dagli scavi eseguiti all'interno del Flysch del Monte Antola, in quanto presenta caratteristiche di conformità con le prescrizioni normative vigenti, sia per il ripascimento che per l'utilizzo come aggregato per cls.

Con riferimento al reimpiego del materiale di smarino per la produzione di aggregato da cls, si precisa quanto segue:

- in progetto è previsto l'impiego di spritz-beton per la realizzazione dei rivestimenti provvisori e di calcestruzzo strutturale per i rivestimenti definitivi (sia per quanto riguarda i tratti di scavo in tradizionale che in meccanizzato);

- la pezzatura richiesta per la produzione di aggregati per cls, per i quali in sede progettuale è stato previsto l'impiego di un materiale che presenti Dmax compreso nel range 20-25 mm, pertanto ottenibile con le comuni lavorazioni di frantumazione e vagliatura dello smarino dello scavo in tradizionale,

a meno delle frazioni più fini (D minore di 2 mm), che, come da consolidata pratica dei locali impianti di produzione cls con inerte ottenuto dalla lavorazione del Calcare del Monte Antola, risulta essere di norma approvvigionata da siti esterni specifici (esempio sabbia del Po);

- frazioni granulometriche analoghe a quelle ottenute dalla lavorazione dello smarino dello scavo condotto con metodo tradizionale (demolizione con esplosivo/martellone) saranno ottenute dai processi di frantumazione, macinatura e vagliatura del materiale prodotto dallo scavo con sistema meccanizzato. Sulla scorta del quadro conoscitivo fornito dalla letteratura tecnico-scientifico disponibile in materia nonché sulla base di esperienze associate a casi reali in contesti similari, è possibile considerare come la pezzatura a scaglie (chips) restituita dal processo di intaglio operato dai dischi installati sulla testa di scavo presenti dimensioni tali da consentire, mediante appropriata lavorazione, la produzione di inerti di elevata qualità (geometria poliedrica), su tutta la scala granulometrica richiesta per il confezionamento dei calcestruzzi, fatta salva la frazione fine (pezzatura inferiore a 2 mm) che, per ragioni connesse alla litologia specifica della formazione in disamina (calcare Antola), risultano essere usualmente approvvigionate da siti estrattivi differenti (sabbia del Po). La lavorazione con frantoio dovrà consentire in ogni caso di ricavare dall'originaria forma a scaglia degli aggregati con coefficiente di forma quanto più prossimo all'unità.

- Presenza di litologie pelitico-marnose nella formazione del Flysch del Monte Antola: tali passaggi non possono essere considerati idonei per la produzione di aggregato (ricavabile esclusivamente dalle litologie calcaree – calcareo/marnose); aspetti più specifici legati alla selezione del materiale restituito dallo scavo (nastri smarino), procedure, frequenza dei controlli, modalità operative, saranno oggetto di successivo approfondimento.

Qualora nel corso delle attività di realizzazione delle opere si rendano disponibili aree di recupero (ripristini cave o discariche, riempimenti, ecc,.) che consentano il reimpiego dei materiali come sottoprodotti dovrà essere condotto uno specifico aggiornamento del presente piano di utilizzo secondo le modalità ed i limiti imposti dal DPR 120/2017.

15.3 Piano di Utilizzo Terre

Il Piano di Utilizzo delle Terre descrive le modalità di gestione dei materiali da scavo prodotti durante la realizzazione di:

- tratti di galleria sia con tecnica tradizionale che con fresa (TBM);
- scavi in alveo Bisagno;
- scavi di sbancamento in corrispondenza dell'imbocco della galleria di servizio.

Il materiale da scavo della galleria è composto pressochè integralmente da litologie calcaree compatte e pertanto è da considerare materiale inerte pregiato. Gli utilizzi previsti per il materiale di smarino, nell'ottica di limitare al massimo sia i costi di smaltimento sia gli impatti complessivi dal punto di vista dello spreco di risorse naturali, privilegiano il reimpiego per le attività di costruzione dell'opera e l'utilizzo per il consolidamento degli arenili del litorale genovese.

La seguente Tabella **3** sintetizza le differenti modalità di gestione specificando il regime di trasporto adottato.

Sigla	***Modalità gestione***	***Regime trasporto***
IR	Recupero presso impianti autorizzati	RIFIUTO
DR	Trasporto a discarica rifiuti	RIFIUTO
DI	Trasporto a discarica inerti	RIFIUTO
CLS	Produzione inerti per cls in cantiere	SOTTOPRODOTTO
RIP	Ripascimenti	SOTTOPRODOTTO

Tabella 3 –Modalità di gestione dei materiali da scavo e regime di gestione

La seguente Tabella 4 sintetizza il quadro della disponibilità di materiale e la sua destinazione. Le differenti tipologie di destinazione comportano inoltre differenti modalità di trasporto sia in regime di rifiuto che in regime di sottoprodotto.

15.3.1 Destinazione del materiale

I materiali oggetto di scavo nel corso dell'attività del cantiere appartengono alle diverse tipologie già indicate nelle precedenti tabelle riassumibili come segue:

- detrito da demolizione (murature, calcestruzzi),
- demolizione e scarifica pavimentazioni bituminose,
- materiale terre e rocce da scavo,
- materiale derivante da bonifica.

La scelta della destinazione di tali materiali è finalizzata a minimizzare il costo complessivo dell'attività, massimizzando il reimpiego sia in cantiere che all'esterno di esso.

A questo proposito deve essere evidenziato come il principale reimpiego del materiale sia realizzato nello sviluppo dei progetti di ripascimento degli arenili, ai quali viene destinata una quota di oltre 350.00 metri cubi, ma deve essere evidenziato come una consistente quota parte del materiale rimanente sia da impiegare per la produzione degli inerti da calcestruzzo e quindi direttamente reimpiegata in cantiere per la realizzazione delle opere.

Solo la quota parte non utilizzabile per gli scopi precedentemente descritti ovvero le frazioni granulometriche più fini ed i materiali non idonei dal punto di vista qualitativo sarà destinata a discarica.

ID Attività (cronoprogramma lavori)		12	25	31	34	37	50 e 51	54	56	60	65	69	72	83	TOTALE	
Attività		Realizzazione dei piazzali delle aree di accantieramento	Scavo per realizzazione nuovi muri spondali e settore briglia selettiva in DX	Scavo per realizzazione nuovi muri spondali e settore briglia selettiva in SX	Scavo per completamento sbarramento (concio centrale)	Opera di sfioro - tappo di fondo e scavo	Sistemazione alveo briglia di monte	Paratia imbocco e dima	Scavo galleria servizio in tradizionale (410 m)	Cameron montaggio TBM	Galleria scolmatrice in tradizionale (646 m)	Scavo camera di lancio in tradizionale (120 m)	Scavo galleria in meccanizzato	Scavo in tradizionale sotto corso Italia		
Durata totale fase		50	15	15	10	100	120	70	140	100	230	40	300	30		
Durata operazioni di scavo		40	15	15	10	40	60	10	140	70	200	40	300	20		
	Demolizione Jet		910	910	455	975	0								**3.250**	
	Scavo ordinario		6.920	6.920	3.460	20700	33920								**71.920**	
Volume totale scavato (in banco)		20.055	7.830	7.830	3.915	21.675	33.920	2.513	48.986	36.626	75.230	15.778	527.065	7.753	**809.176**	
Cantiere origine		Ex Canile	Alveo Bisa	Alveo Bisa	Alveo Bisa	Alveo Bisa	Alveo Bisa	Ex Canile	Ex Canile	Ex Canile	Ex Canile	Ex Canile	Ex Canile	Corso Italia		
Recupero presso impianti																
% recupero		92%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	30%	30%	30%	30%	30%	100%		
Volume recupero		18.429	7.830	7.830	3.915	21.675	33.920	2.513	14.696	10.988	22.569	4.733	159.424	7.753	316.275	
Trasporto a discarica rifiuti																
% discarica rifiuti		8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Volume discarica rifiuti		1.626	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.626	
Trasporto a discarica inerti																
% discarica inerti		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	21%	21%	21%	21%	2%	0%		
Volume discarica inerti		0	0	0	0	0	0	0	10.287	7.691	15.798	3.313	12.877	0	49.967	
Produzione inerti per cls in cantiere																
% produzione inerti cls		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	20%	20%	10%	0%		
Volume inerti cls		0	0	0	0	0	0	0	9.817	7.340	15.077	3.162	52.064	0	87.460	
Ripascimenti																
% ripascimenti		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	29%	29%	29%	29%	57%	0%		
Volume x ripascimenti		0	0	0	0	0	0	0	14.186	10.607	21.786	4.569	302.700	0	353.847	
		20.055	7.830	7.830	3.915	21.675	33.920	2.513	48.986	36.626	75.230	15.778	527.065	7.753	**809.176**	
		nota 1	nota 2	nota 3	nota 4	nota 5	nota 6					nota 7				

Tabella 4 –Quadro della disponibilità di materiale da scavo con indicazione della tipologia di destinazione/recupero

15.4 Cantiere area ex-canile

La assunzione principale adottata per lo sviluppo del layout del cantiere principale è stata proposta dalla Stazione Appaltante, la quale ha indicato la possibilità di utilizzare alcune aree destinate originariamente a canile, ed attualmente dismesse, in corrispondenza del mattatoio municipale.

L'area, accessibile da via Adamoli (lungo Bisagno Dalmazia) risulta prossima alla localizzazione dell'area in cui verrà realizzato lo sbarramento lungo il t. Bisagno.

Rispetto a quanto prospettato nel bando di gara (area di cantiere da realizzare in corrispondenza del parcheggio del centro sportivo Sciorba) ed alla ipotesi sviluppata in precedenza dal presente RTP in sede di gara (ex cava Zanacchi), la soluzione proposta dal Comune presenta i seguenti vantaggi:

- immediata disponibilità dell'area;
- superficie adeguatamente estesa per la installazione delle dotazioni di cantiere e per la realizzazione di un deposito temporaneo di materiale di smarino;
- inserimento in un contesto produttivo e non residenziale;
- impatto nullo con le attività del Centro Sportivo Sciorba;
- possibilità di realizzare la finestra di accesso che diventerà al termine dei lavori la galleria di servizio per la manutenzione della galleria scolmatrice, evitando la necessità (prevista nel Progetto Definitivo) di accedere dall'opera di sfioro tramite una rampa metallica rimovibile.

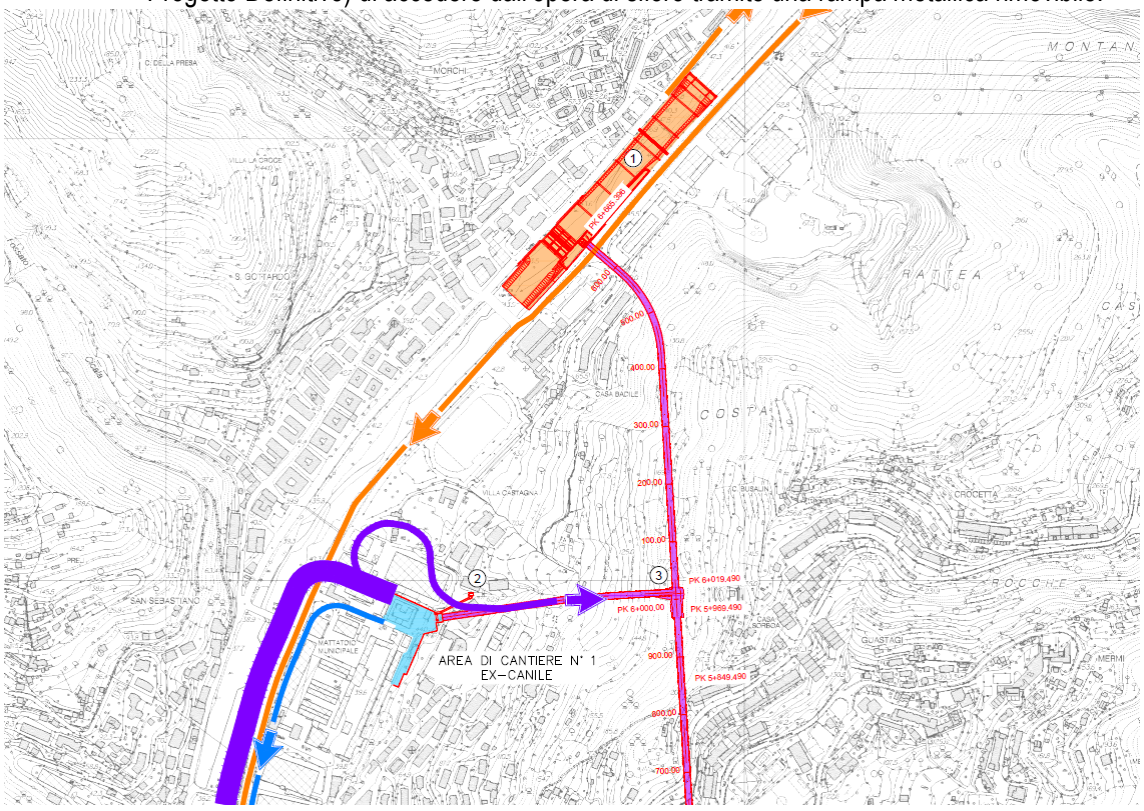


Figura 14-18 – Collocazione dell'area di cantiere ex-canile

Dal punto di vista logistico, l'area proposta dal Comune è facilmente collegabile a Via Adamoli, e da qui ai percorsi per il conferimento del materiale residuo alla destinazione finale (ripascimento, deposito temporaneo o discarica).

Per facilitare il collegamento con la viabilità principale, e non impegnare lo stradello di accesso al canile (che presenta una larghezza inadeguata, anche per il transito dei mezzi speciali che trasporteranno al

cantiere la TBM), è stato ipotizzato, in accordo con il comune, di realizzare un percorso alternativo, di adeguata larghezza, mediante la demolizione di alcuni fabbricati, anch'essi comunali.

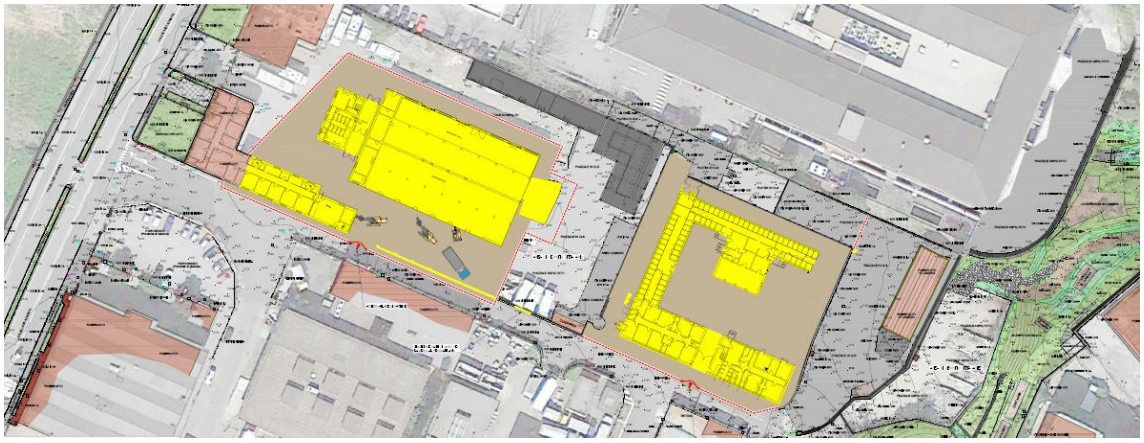


Figura 14-19 – Inquadramento area cantiere ex-canile - demolizioni

Tale soluzione permetterebbe di realizzare una rotatoria in corrispondenza della intersezione con corso Adamoli, in modo da permettere in uscita dal cantiere anche la svolta sia a SX, attualmente impedita dalla presenza dello spartitraffico, e che in assenza di tale soluzione potrebbe avvenire, con qualche difficoltà per la presenza di un impianto semaforico, circa 900 m più a monte. La rotatoria permetterebbe quindi una riduzione, per ogni viaggio (e se ne conteranno fino a 160 al giorno nelle fasi di maggiore produzione) di circa 2 km di percorso.

In ragione della conformazione dell'area disponibile è stato ipotizzato di suddividere il layout del cantiere principale dell'area ex-canile in due settori principali:

- **settore A** dedicato alla installazione dell'impiantistica ed alla realizzazione delle lavorazioni di cantiere, nonché al deposito temporaneo dello smarino. L'accesso avverrà mediante il nuovo asse viario realizzato previa demolizione dei fabbricati comunali impegnando la rotatoria provvisoria prevista. In corrispondenza del settore A avverrà l'attacco della finestra di accesso alla galleria scolmatrice, ubicata in corrispondenza della stessa porzione ad est per tutte e tre le soluzioni alternative.

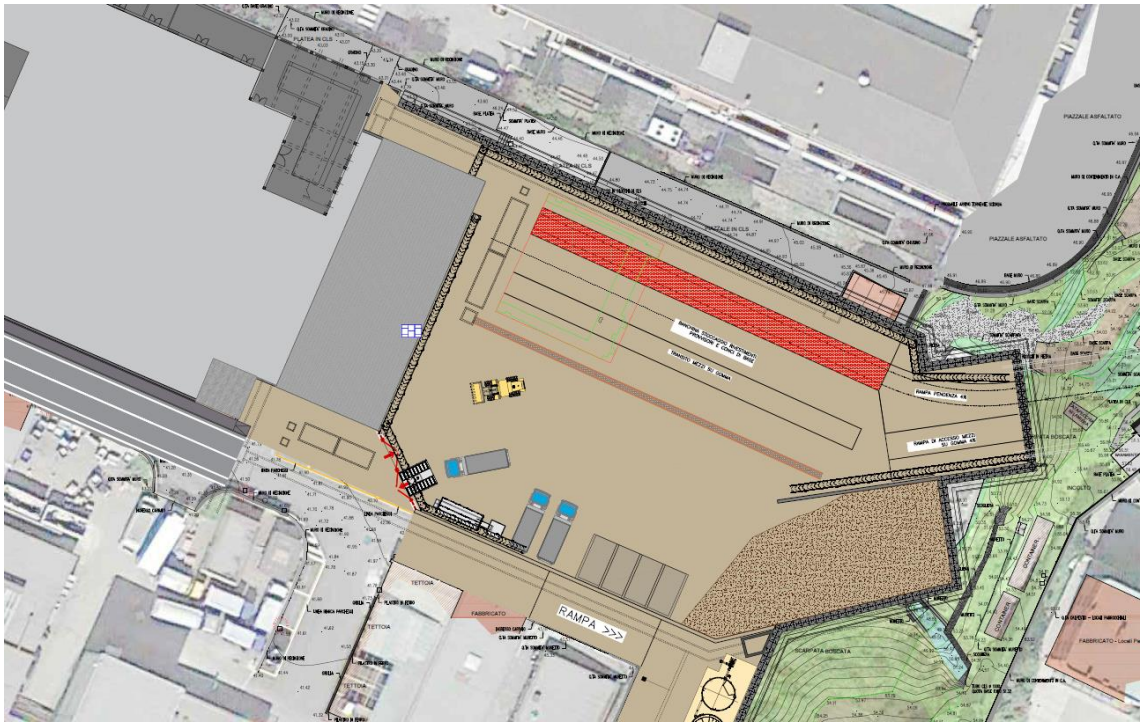


Figura 14-20 – Settore A del cantiere ex-canile

- **settore B** dedicato alla installazione de i servizi logistici ed assistenziali funzionali al cantiere. Per accedere a quest'area (in corrispondenza della quale si prevede anche al installazione degli uffici della D.L.) si è ipotizzato di utilizzare l'originario stradello di accesso al canile, in modo da separare i flussi in ingresso ed in uscita rispetto ai mezzi di cantiere.



Figura 14-21 – Settore B del cantiere ex-canile

Per l'utilizzo del settore A occorrerà realizzare le seguenti lavorazioni principali:

- demolizione degli edifici comunali lungo il futuro asse di accesso;
- completamento della demolizione dell'ex canile;
- deviazione provvisoria del rio Sciorba;
- realizzazione di opere di sostegno perimetrali (con particolare riferimento alla berlinese in cui realizzare la dima di attacco della galleria di servizio) e intermedie funzionali alla regolarizzazione dei diversi piani di lavoro.

In corrispondenza del settore A verrà altresì realizzato, allo scopo di annullare la trasmissione verso l'esterno delle emissioni di rumori e di polveri, un capannone, avente indicativamente una superficie in pianta pari a 19 x 35 m, all'interno del quale verranno collocati i gruppi di lavorazione dello smarino. Tale edificio rimarrà al termine dei lavori, e verrà consegnato alla Stazione Appaltante per destinarlo a magazzini comunali o ad altra funzione.

15.4.1 Lavorazioni da eseguire all'interno dell'area di cantiere

In linea con le ipotesi migliorative proposte in sede di gara, si prevede di realizzare all'interno del cantiere le lavorazioni funzionali al reimpiego, per i quantitativi possibili e secondo quanto dettagliato nel piano di utilizzo allegato al presente progetto esecutivo, del materiale di smarino, che (come indicato in precedenza) verrà destinato a:

1. una quota parte alla produzione dello spritz-beton (rivestimento provvisorio) e del calcestruzzo (per la realizzazione del rivestimento definitivo dei vari tratti di galleria);
2. una quota parte, in accordo con le indicazioni del Committente, al ripascimento di una serie di arenili del levante e del ponente genovese;
3. una quota parte (modesta) sarà destinata ad impianti abilitati al trattamento di rifiuti speciali non pericolosi (in particolare una porzione degli scavi dell'area ex-ASTER);
4. una quota parte sarà destinata a centro di recupero in quanto non reimpiegabile direttamente per le finalità suindicate (p.e. materiale fine di lavaggio inerti, materiale scavo nei pre-consolidamenti, alcune porzioni di materiale scavato in frazioni non calcaree, ecc.).

Con riferimento alle destinazioni di cui ai precedenti punti 1 e 2 (produzione cls e ripascimenti), si evidenzia come il materiale di smarino, sia esso derivante dallo scavo in tradizionale (finestra di servizio, camerone montaggio TBM, scavo camera di lancio, ecc.) che derivante dallo scavo in meccanizzato (TMB), dovrà essere adeguatamente trattato in cantiere, in corrispondenza dell'impianto di lavorazione appositamente predisposto, mediante frantumazione, vagliatura e lavaggio, secondo le modalità e le caratteristiche che verranno descritte in seguito.

E' peraltro da considerare come in alcuni periodi dell'anno, in particolare quelli estivi durante la stagione balneare, non sia possibile operare direttamente con continuità il ripascimento delle spiagge, per cui sono state ipotizzate (in quanto la potenziale entità dei volumi da depositare non consente il deposito temporaneo presso il settore A del cantiere), in accordo con le indicazioni fornite dalla Stazione Appaltante, due idonee aree di deposito temporaneo, collocate (per ragioni di economicizzazione) in prossimità dei percorsi individuati per il ripascimento degli arenili:

- area in corrispondenza della spiaggia di Voltri, con una superficie pari a circa 8.500 m² per un volume di deposito di circa 35.000 m³;
- area in corrispondenza della sponda sinistra della foce del f. Bisagno, con una superficie pari a circa 9.500 m² per un volume pari a circa 40.000 m³.

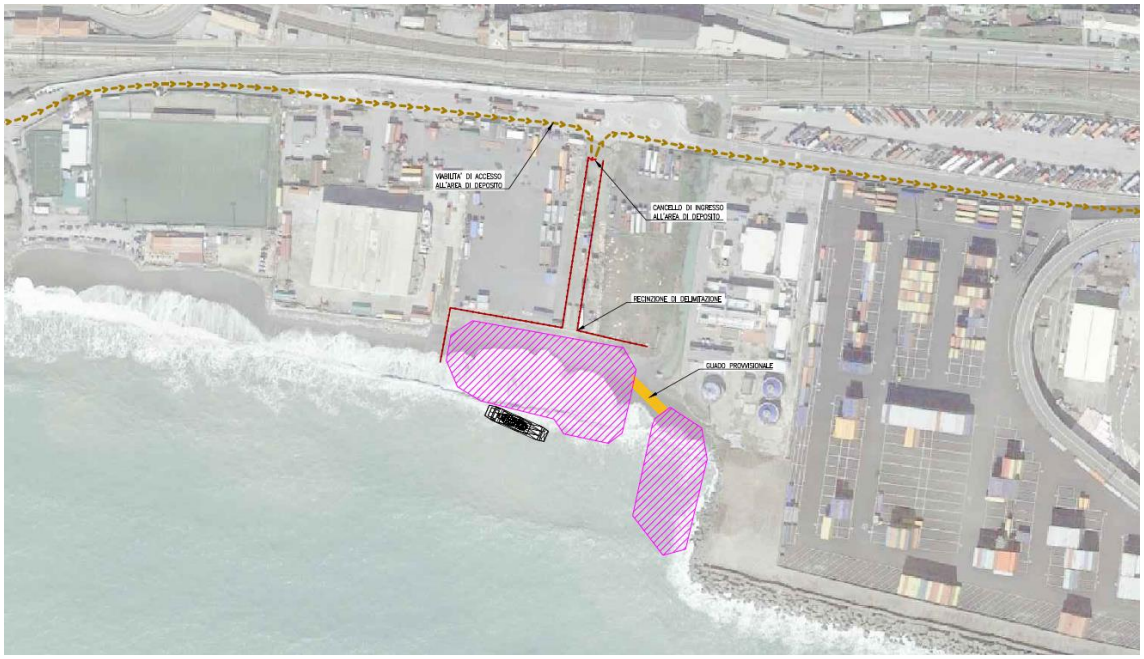


Figura 14-22 – Area di deposito temporanea in corrispondenza di Voltri da impegnare nei periodi in cui fosse impossibilitato il ripascimento diretto degli arenili di Ponente

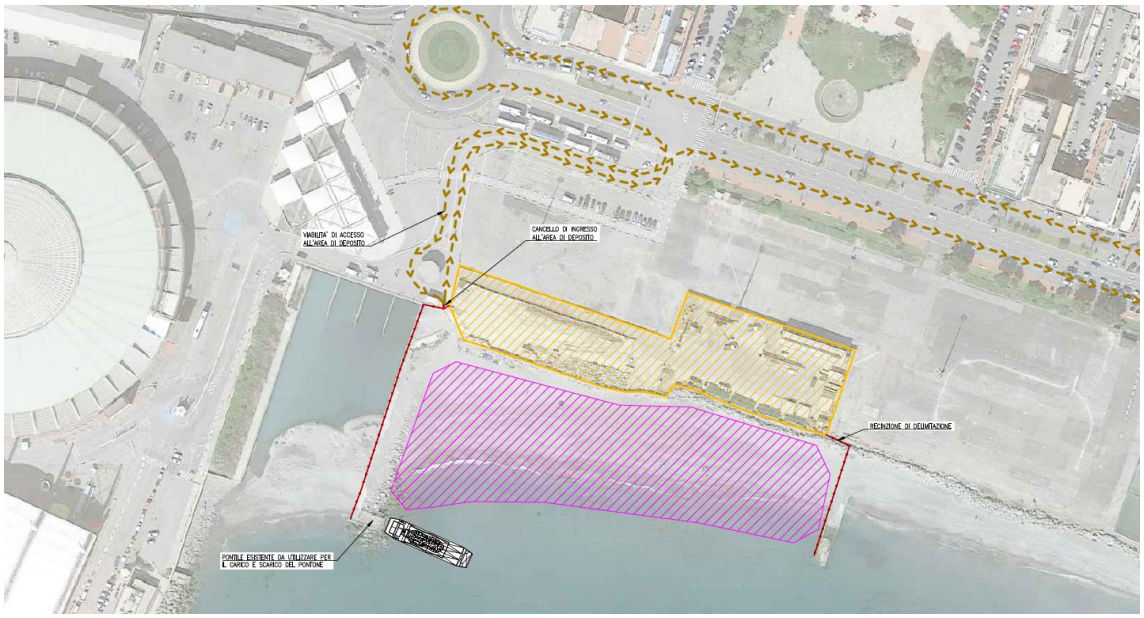


Figura 14-23 – Area di deposito temporanea in corrispondenza della foce Bisagno da impegnare nei periodi in cui fosse impossibilitato il ripascimento diretto degli arenili di Ponente

In ogni caso è prevista, lungo il limite meridionale del settore A, la predisposizione di un'area destinata al deposito temporaneo del materiale di smarino (compreso quello trattato ad aggregato per il riutilizzo a produzione del cls), in corrispondenza della quale potranno essere collocati fino a circa 2.000 m³ di materiale. Il deposito temporaneo verrà dotato di irrigatori a pioggia per evitare il sollevamento di polveri in caso di giornate ventose.

La movimentazione del materiale di smarino, come verrà meglio descritto in seguito, avverrà tramite nastri trasportatori, riducendo in modo sensibile le emissioni dei gas di scarico e di rumore e le interferenze tra i mezzi. Il materiale seguirà i seguenti percorsi:

- quello destinato immediatamente a centro di recupero/discarica (per il quale non si prevede alcun trattamento), verrà direttamente caricato dal nastro sugli autocarri che stazioneranno temporaneamente lungo il muro di delimitazione del settore A;
- il materiale destinato a ripascimenti subirà un preventivo trattamento di frantumazione e lavaggio, nonché di vagliatura in funzione della pezzatura del materiale di smarino e del fuso granulometrico prescritto per la spiaggia in ripascimento: il materiale sempre tramite nastro entrerà nel gruppo frantoio ubicato all'interno del capannone e, da questo, tramite nastro caricato su autocarro parcheggiato a lato del capannone stesso;
- il materiale destinato a produzione di aggregati per calcestruzzo entrerà nel capannone di lavorazione sempre tramite il nastro trasportatore; al termine del processo di lavaggio e vagliatura, il materiale, nelle diverse pezzature, verrà depositato temporaneamente in corrispondenza dell'area deputata tramite nastri o tramite pala meccanica, per il successivo carico sulle tramogge dell'impianto di betonaggio in funzione dei vari cicli di getto (il carico potrà avvenire mediante pala meccanica nella fase in cui l'impianto di betonaggio sarà collocato all'esterno della galleria, mentre sarà caricato tramite nastri trasportatori nella fase in cui l'impianto sarà collocato all'interno del camerone TBM).

15.4.2 Dotazioni impiantistiche

In ragione delle produzioni e delle lavorazioni indicate in precedenza, in corrispondenza del cantiere occorrerà prevedere la installazione delle seguenti dotazioni:

- Zona stoccaggio materiali di scavo
- Zona stoccaggio materiali da costruzione
- Officina e magazzino
- Punto consegna ENEL e cabina di trasformazione
- Vasca decantazione e disoleazione
- Gruppi elettrogeni (di emergenza)
- Produzione aria compressa
- Serbatoi acqua galleria
- Impianto di lavorazione materiale di smarino
- Impianto di betonaggio
- Impianto lavaggio ruote prima dell'uscita del cantiere

Le dotazioni di cantiere suindicate saranno presenti in tutte le diverse fasi che costituiscono il cantiere delle opere in sotterraneo, con la sola differenza che durante tra le fasi E.5 e E.6 l'impianto di betonaggio verrà installato all'interno del camerone di montaggio della TBM, liberando lo spazio antistante al capannone recuperando ulteriore spazio per il deposito temporaneo del materiale di smarino.

Con riferimento all'impianto di frantumazione, si ipotizza l'impiego di un impianto mobile a mascelle, più facilmente gestibile in cantiere, tale da garantire una produzione fino a 200 t/h. L'impianto verrà collocato all'interno del capannone, per evitare la trasmissione all'esterno delle emissioni di polveri e rumore.

15.5 Cantiere galleria scolmatrice

15.5.1 Note generali

Con riferimento alle indicazioni di carattere generale già descritte in precedenza, sono state sviluppate, per verifica di compatibilità con le sezioni di scavo, le dotazioni impiantistiche da inserire all'interno delle varie tratte in sotterraneo.

15.5.2 Cantierizzazione galleria di servizio (Scavo con sistema tradizionale – L= 410 m)

In corrispondenza della galleria di servizio scavata con sistema tradizionale si prevede di installare i seguenti elementi tecnologici:

- Condotta di ventilazione
- Nastri trasportatore smarino (con nicchia per motore)
- Linea elettrica MT
- Linea elettrica BT
- Aria compressa
- Condotta acque reflue
- Illuminazione
- Pista di cantiere con possibilità di incrocio mezzi

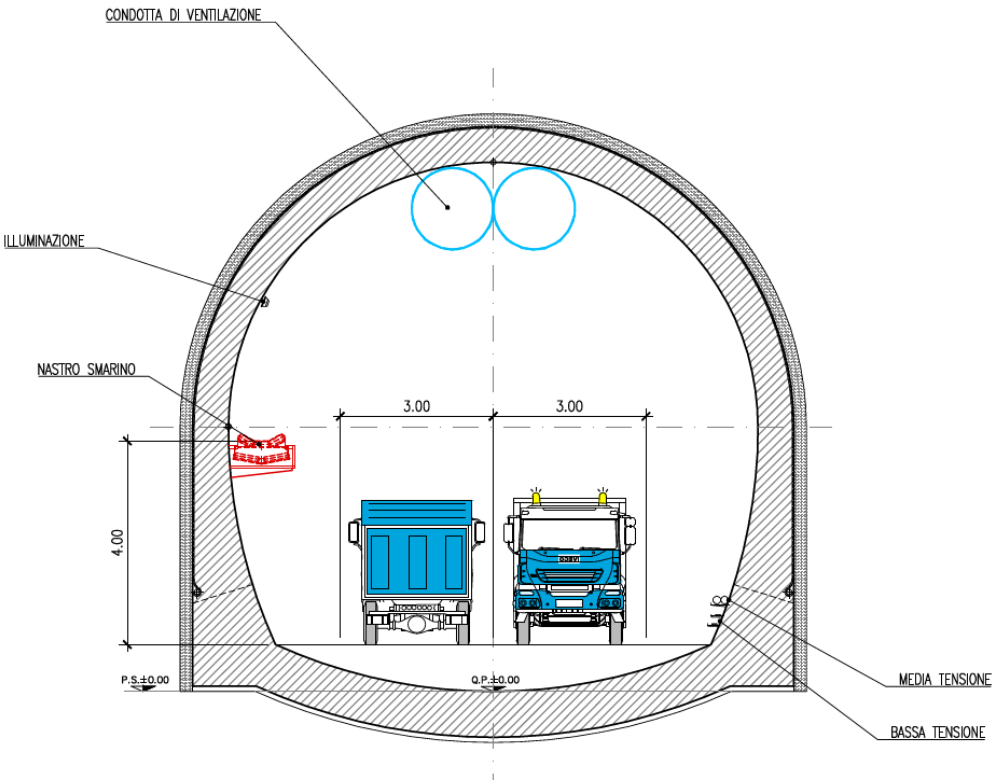


Figura 14-24 – Schema sezione scavo in tradizionale con indicazione delle dotazioni impiantistiche

15.5.3 Camerone di montaggio della TBM

In corrispondenza del camerone di montaggio della TBM si prevede di installare i seguenti elementi tecnologici:

- Impianto di betonaggio
- Binari per trasporto su ferro
- Condotta di ventilazione
- Linea MT
- Cabina di trasformazione
- Linea BT
- Quadri di distribuzione
- Illuminazione
- Nastri trasporto smarino
- Nastri trasporto aggregati

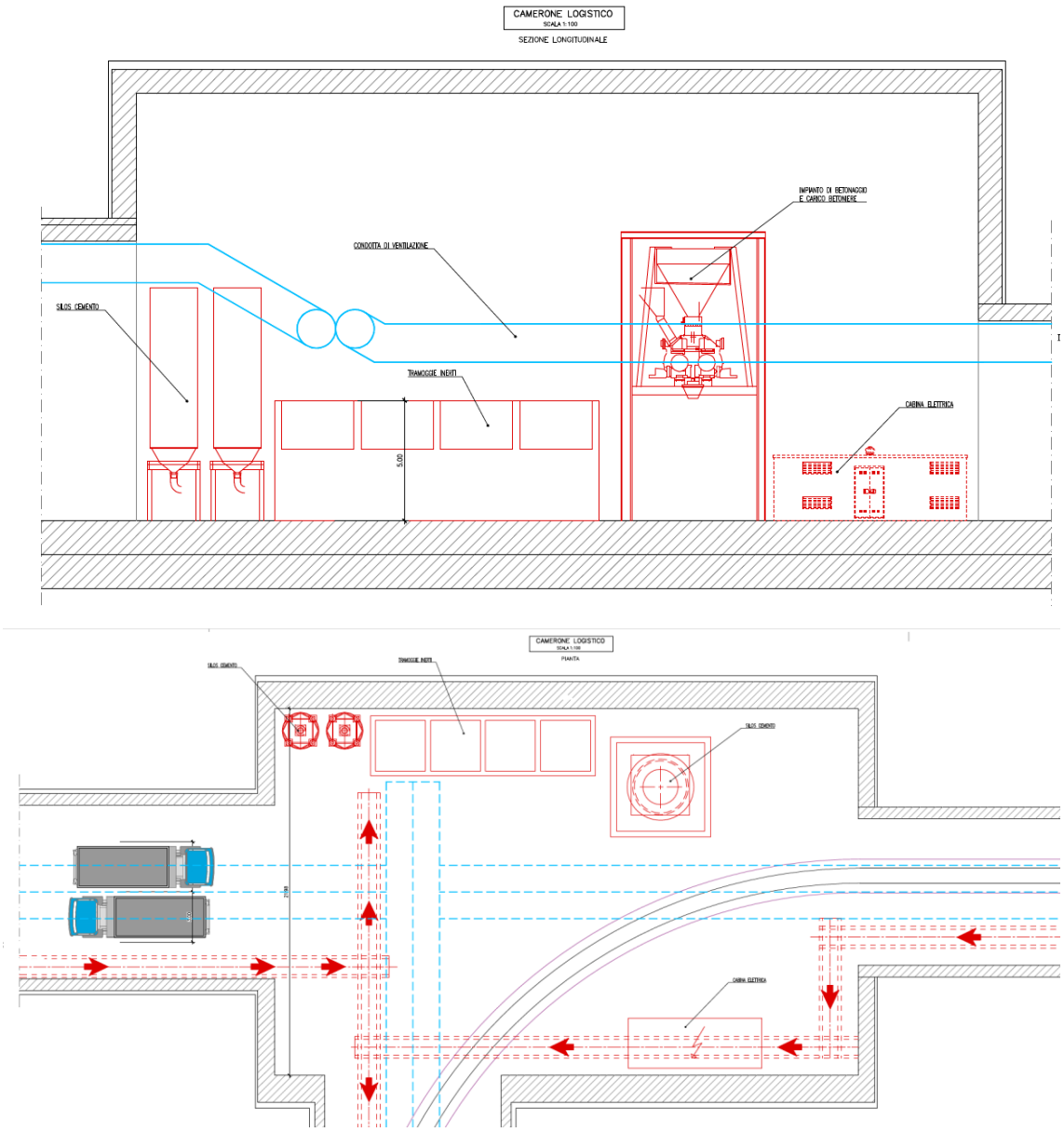


Figura 14-25 – Sezione longitudinale e schema planimetrico con indicazione delle dotazioni in corrispondenza della camera montaggio TBM a seguito spostamento impianto di betonaggio

15.5.4 Cantierizzazione galleria scolmatrice scavata con sistema meccanizzato (TBM)

In corrispondenza della galleria scolmatrice scavata con sistema meccanizzato (TBM) si prevede di installare i seguenti elementi tecnologici:

- Condotta di ventilazione
- Nastri trasportatore smarino (con spazio per motore)
- Linea elettrica MT
- Nicchia per impianto di trasformazione
- Linea elettrica BT
- Quadri di distribuzione
- Aria compressa
- Acqua raffreddamento
- Condotta acque reflue
- Illuminazione
- Binari per trasporto su ferro (con possibilità di interscambio)

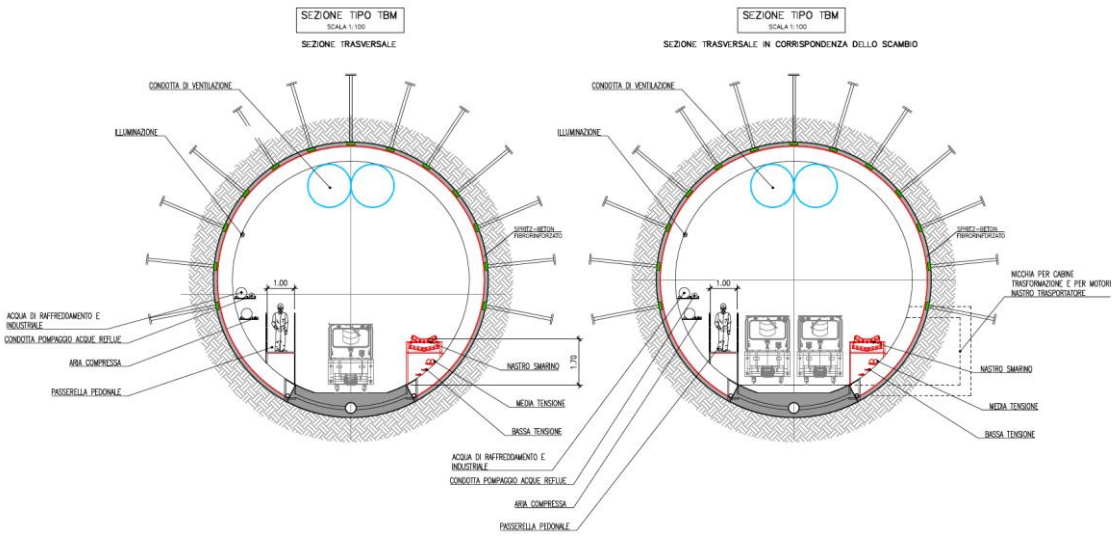


Figura 14-26 – Schema grafico con la indicazione delle dotazioni in corrispondenza della galleria con scavo in meccanizzato.

15.6 Cantiere in alveo

I lavori verranno svolti secondo la seguente fasizzazione:

- Fase 0 - attività preliminari all'avvio dei lavori in alveo
- Fase A.1 - realizzazione nuova passerella pedonale e demolizione passerella esistente
- Fase A.2 – realizzazione dei nuovi muri spondali e della porzione di destra dell'opera di sbarramento
- Fase A.3 – realizzazione delle opere di consolidamento lungo il muro spondale di via Adamoli e della porzione di sinistra dell'opera di sbarramento
- Fase A.4 – completamento delle opere fondazionali e in elevazione dello sbarramento
- Fase A.5 – realizzazione delle opere fondazionali dello sfioro
- Fase A.6.I – realizzazione dell'ultimo tratto di galleria scolmatrice – fase i

- Fase A.6.II – realizzazione dell'ultimo tratto di galleria scolmatrice – fase ii e rimozione diaframma di separazione
- Fase A.7 – realizzazione delle opere in elevazione del manufatto di sfioro
- Fase A.8 – realizzazione delle opere di sistemazione dell'alveo
- Fase A.9 - installazione delle apparecchiature elettromeccaniche e dell'edificio di presa

Rimandando per maggiori dettagli alla documentazione grafica allegata al progetto, preme qui sottolineare come le operazioni in alveo avverranno principalmente accedendo tramite la rampa esistente in sponda sinistra a monte della passerella pedonale esistente, in corrispondenza della quale verrà realizzato un restringimento ad una corsia della carreggiata a senso unico di via Emilia. In corrispondenza di tale accesso verranno predisposte delle dotazioni minime di presidio, essendo il cantiere principale ubicato poco distante in corrispondenza dell'area ex-canile.

Limitate modifiche alla circolazione lungo via Adamoli saranno necessarie durante la realizzazione del collegamento della galleria scolmatrice con l'opera di sfioro.

15.7 Cantiere sbocco a mare

Con riferimento allo sbocco a mare, è importante sottolineare come le opere di accantieramento siano state ipotizzate sulla base del progetto delle opere definitive previste nell'ambito del Progetto esecutivo di realizzazione della galleria scolmatrice del Fereggiano.

I lavori verranno svolti secondo la seguente fasizzazione:

- Fase B.1 – Chiusura dello sbocco mediante panconatura e delle opere di presa lungo la galleria Fereggiano. Allestimento del cantiere e realizzazione delle opere di sostegno perimetrali;
- Fase B.2 – Consolidamento degli arconi di C.so Italia
- Fase B.3 – Realizzazione della galleria con scavo in tradizionale
- Fase B.4 – Realizzazione della culla per la estrazione dei componenti della TBM e della galleria artificiale di completamento
- Fase B.5 – Realizzazione delle opere di completamento e di inserimento ambientale.

In corrispondenza dello sbocco verrà impiantato un cantiere provvisionale, in cui saranno collocate le dotazioni necessarie per la esecuzione delle opere previste in progetto. Si prevede di "mascherare" l'area di scavo mediante la adozione di un capannone provvisionale telonato.

16 PIANO DI MONITORAGGIO

16.1 Note generali

Il sistema di monitoraggio predisposto consentirà di raccogliere informazioni e esercitare una continua azione di controllo circa il comportamento deformativo della galleria, del versante soprastante, nonché dei fabbricati interferiti.

Come già anticipato il sistema può essere suddiviso in tre principali categorie:

- **Monitoraggio in galleria**:
  Le misure eseguite in galleria per il monitoraggio del pre-rivestimento e del rivestimento definitivo permetteranno una verifica della risposta deformativa dell'ammasso e del cavo allo scavo, consentendo una taratura ed una ottimizzazione degli interventi e delle modalità esecutive da applicare nell'ambito di ogni sezione tipo. Consentiranno inoltre di verificare lo stato tensionale dei rivestimenti in opera. Localmente si provvederà a predisporre stazioni speciali per il controllo del livello di falda e la verifica dell'eventuale presenza di pressioni neutre a tergo dei rivestimenti;

- **Monitoraggio da piano campagna**:
  Le misure da piano campagna consisteranno prevalentemente nel monitoraggio topografico della superficie compresa nell'area di influenza degli scavi, al fine di ricostruire un modello accurato (ed in continuo aggiornamento) dell'interazione tra scavi ed effetti in superficie. In punti del tracciato ritenuti significativi si provvederà inoltre alla posa in opera tubi inclinometrici e piezometri per indagare eventuali fenomeni profondi;

- **Monitoraggio degli edifici**:
  Il sistema di monitoraggio degli edifici prevedrà la predisposizione di un reticolo topografico finalizzato a misurare eventuali deformazioni o assestamenti degli edifici prossimi alle gallerie. Si predisporrà inoltre un sistema di monitoraggio vibrazionale per valutare, soprattutto nei contesti di basse coperture, l'eventuale propagazione di vibrazioni indotte dalle lavorazioni di scavo.

16.2 Monitoraggio di superficie

16.2.1 Introduzione

Al fine di controllare, durante la realizzazione dell'opera, l'interazione tra lo scavo in sotterraneo e le preesistenze, sarà predisposto uno specifico piano di monitoraggio specie nei tratti caratterizzati dai minori ricoprimenti, dove più sensibili sono gli effetti degli avanzamenti in superficie.

Il progetto prevede la predisposizione di una sistema di monitoraggio che, oltre a consentire un continuo ed efficace controllo delle modalità di avanzamento in sotterraneo, permetta di raccogliere informazioni relativamente al comportamento dell'ammasso roccioso sovrastante alle gallerie, sia con strumentazione profonda (inclinometri e piezometri), sia con strumentazione in superficie (principalmente mire topografiche. Questi elementi risultano tanto più importanti tenendo conto che i lavori vengono realizzati in ambito urbano, con notevole presenza di edifici in superficie. A tal proposito il progetto comprenderà anche un attento e capillare monitoraggio degli edifici, al fine di valutare eventuali fenomeni di interferenza con le lavorazioni di scavo.

Nel dettaglio le aree caratterizzate dai maggiori controlli saranno il settore di avvio degli scavi della finestra, allorché la galleria di servizio sottopassa un edificio scolastico con modesti ricoprimenti, la tratta di galleria scolmatore di collegamento all'opera di presa, dove i ricoprimenti sono di soli 4-5 m ed in superficie sono presenti viabilità e sottoservizi ed infine il tratto di arrivo della galleria in corrispondenza delle spiagge di corso Italia, dove la galleria verrà realizzata per un primo settore avanzando dalla spiaggia al fine di sotto attraversare il Corso Italia e parte del Forte di San Giuliano.

In questi settori i monitoraggi saranno costituiti da reti di capisaldi topografici a piano campagna e stazioni di misura delle convergenze in sotterraneo. Saranno inoltre condotti rilievi vibro metrici al fine di valutare l'impatto acustico e del rumore percepito in superficie: tali controlli saranno in dettaglio eseguiti anche in corrispondenza dei fabbricati di Via Merello, stante ricoprimenti dell'ordine dei 25-30 m.

16.2.2 Monitoraggio degli edifici

Uno specifico sistema di monitoraggio è stato predisposto per valutare eventuali deformazioni e/o assestamenti degli edifici interferenti con il tracciato della galleria Scolmatrice del torrente Bisagno e della Finestra di servizio.

Gli edifici potenzialmente sensibili sono stati individuati sulla base di due parametri fondamentali:

- Area di influenza dello scavo: ricadono nell'area di influenza quegli edifici il cui sedime è posto entro un raggio di 50 metri dall'asse galleria.
- Profondità del tracciato in relazione agli edifici (copertura): sono stati considerati come interferenti quegli edifici posti entro l'area di influenza della galleria ove quest'ultima riporta una copertura max pari a 5 diametri (50 metri).

16.2.3 Monitoraggio struttura di rinforzo statico degli arconi (C.so Italia)

Il monitoraggio della struttura di rinforzo statico degli arconi in corrispondenza di Corso Italia prevede, oltre al posizionamento di mire ottiche ed estensimetri (già descritti nei precedenti paragrafi) la predisposizione di celle di carico in corrispondenza degli appoggi delle travi di rinforzo.

16.2.4 Monitoraggio delle gallerie esistenti RFI

Il sistema di monitoraggio predisposto per le gallerie RFI esistenti prevede, oltre alla strumentazione descritta nel seguito, il posizionamento di mire ottiche sul profilo della galleria, per la cui descrizione si rimanda a quanto riportato nei paragrafi precedenti. Le gallerie della linea ferroviaria esistente Genova – La Spezia che verranno sottopassate dalla Galleria Scolmatrice alla progr. Km 1+520 circa, con coperture di circa 6,20 m, come indicato nella seguente figura.

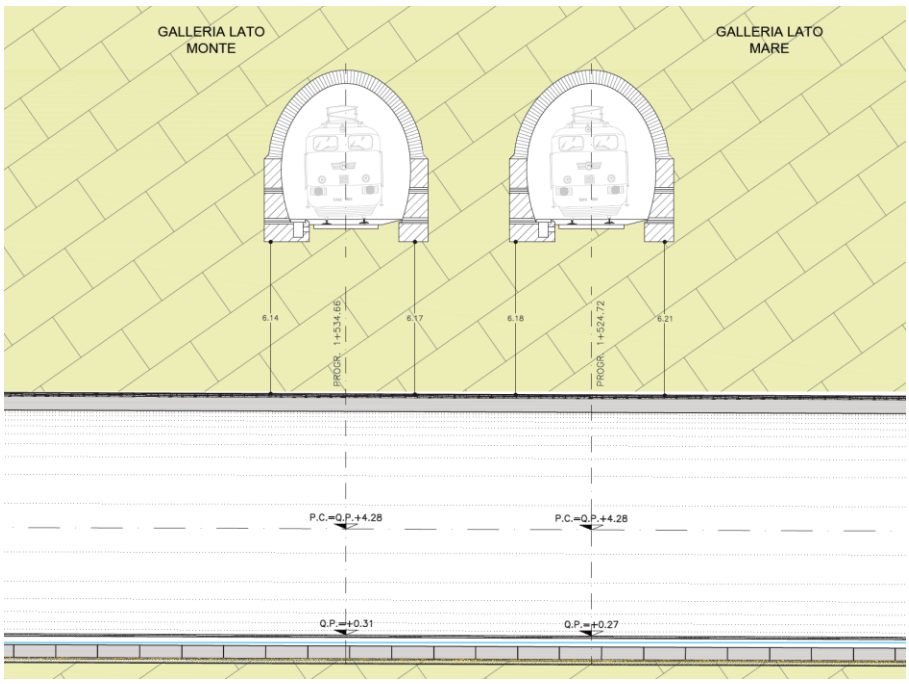


Figura 16-1 – Intersezione tra Galleria Scolmatrice e linea ferroviaria esistente Genova – La Spezia

In particolare si prevedrà il monitoraggio tenso-deformativo delle gallerie esistenti, con predisposizione di sezioni di misura topografica delle convergenze con posizionamento di 3 mire topografiche in corrispondenza di piano dei centri e chiave calotta (sezione tipo A) puntualmente integrate con rilievi dello stato tensionale del rivestimento mediante martinetto piatto (sezione tipo B). Come illustrato nella seguente figura, saranno poste in opera 4 sezioni tipo A e 3 sezioni tipo B, intervallate a distanza di 9,0 m l'una dall'altra.

I binari saranno monitorati con sistema automatico RDS, al fine di valutare possibili deformazioni indotte dallo scavo della galleria Scolmatrice che possano eventualmente interferire con la gestione dell'esercizio. In particolare, come indicato schematicamente in, si provvederà al posizionamento di 38 elettrolivelle trasversali (19 per binario) solidali alle traversine, con interasse pari a 3,0m. Sulle elettrolivelle saranno posizionate (con interasse 9,0 m) mire ottiche per la determinazione delle deformazioni longitudinali.

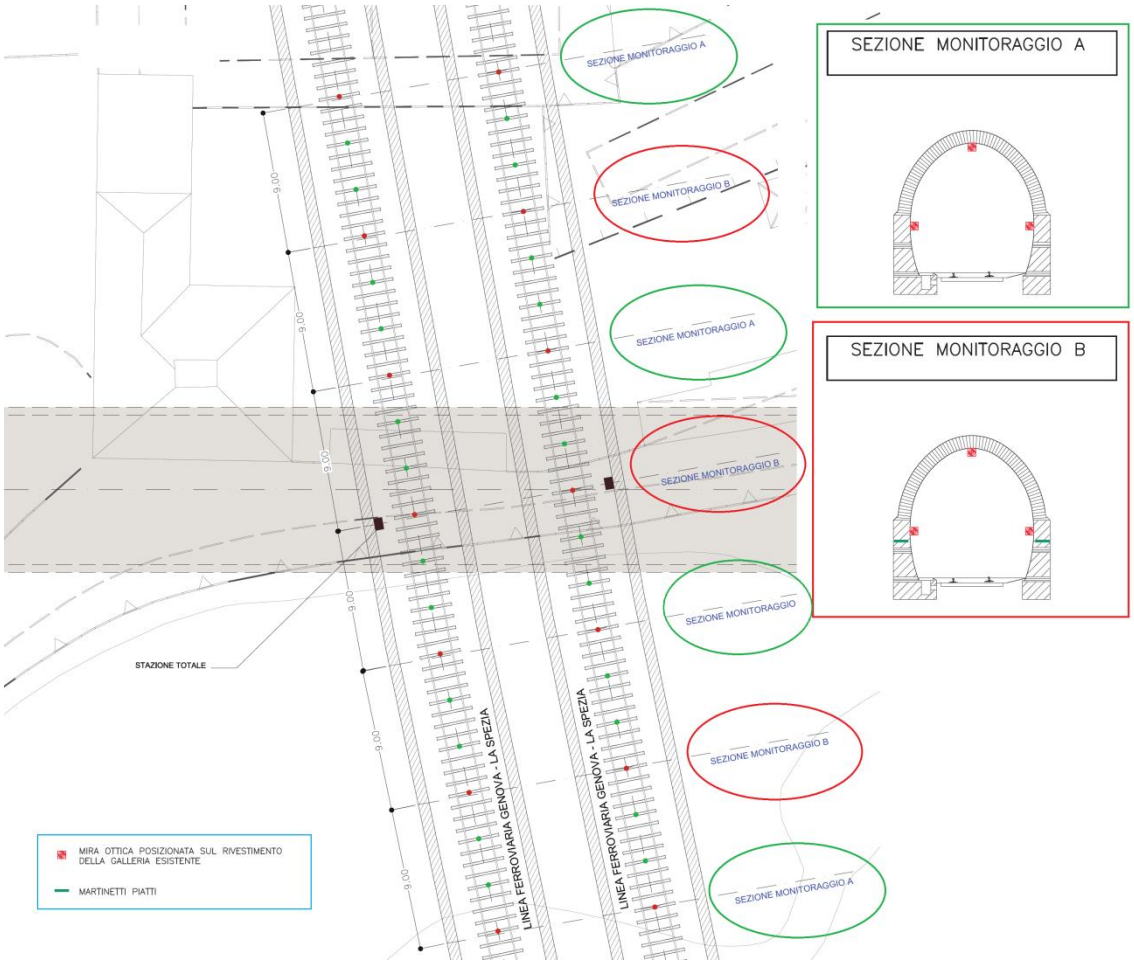


Figura 16-2 – Linea ferroviaria esistente Genova – La Spezia – Monitoraggio tenso-deformativo delle gallerie esistenti

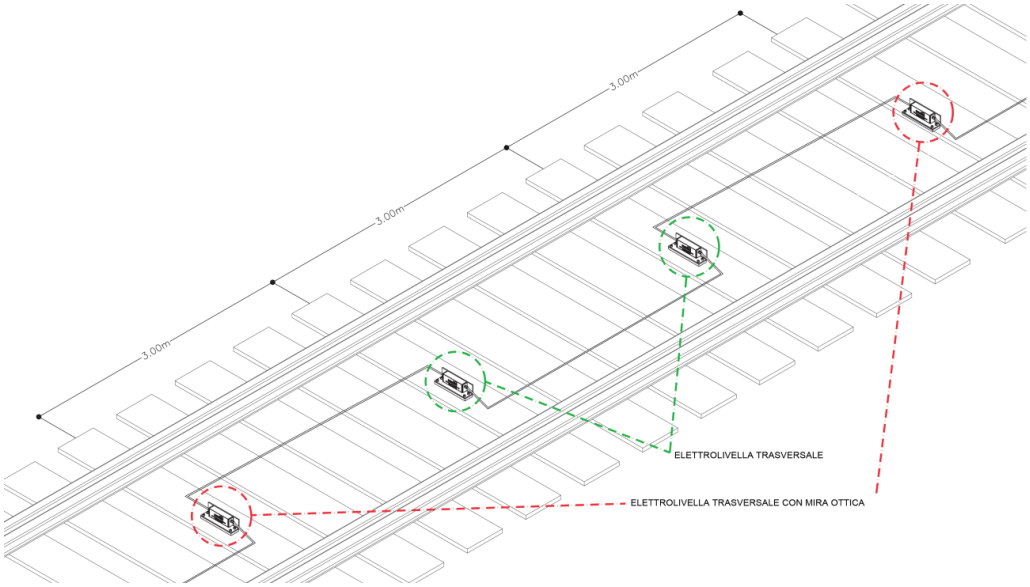


Figura 16-3 – Linea ferroviaria esistente Genova – La Spezia – Monitoraggio dei binari

16.3 Monitoraggio in sotterraneo

16.3.1 Criteri generali

Il monitoraggio in galleria è stato impostato prevedendo, oltre all'esecuzione sistematica nel corso degli avanzamenti di rilievi del fronte, la realizzazione lungo il tracciato di sezioni di monitoraggio di tre tipologie, con intensità di strumentazione e grado di dettaglio crescenti:

In particolare le sezioni di monitoraggio individuate sono le seguenti:

- **Sezione tipo A** – Sezione di monitoraggio topografico in fase di scavo, che prevede il rilievo ad alta precisione delle coordinate di 5 punti di misura (mire ottiche per misure di convergenza) disposti sul rivestimento di prima fase della galleria. Indicativamente le mire ottiche saranno disposte in corrispondenza della chiave calotta, del piano dei centri e dell'attacco dei piedritti (la posizione esatta varierà in funzione della sagoma della sezione di scavo).
  La sezione sarà applicata sistematicamente nel corso degli avanzamenti, con un intervallo tra stazioni di misura successive indicativamente pari a 50,0 m;
- **Sezione tipo B** – Sezione di monitoraggio tenso-deformativo del cavo, rappresenta un'evoluzione della sezione tipo A rispetto alla quale, oltre al monitoraggio topografico del rivestimento di prima fase, è previsto anche il posizionamento di 3 coppie di strain-meters (da saldare alle centine in corrispondenza di piano dei centri e chiave calotta, per la misura dello stato tensionale (nel caso di sezioni che prevedono l'esecuzione di interventi di chiodatura radiale gli strain-meters sulle centine saranno sostituiti da bulloni strumentati con estensimetri).
  La sezione prevede inoltre il monitoraggio del rivestimento di seconda fase, sia dal punto di vista deformativo (con il posizionamento di 3 miniprismi per misure di convergenza in chiave calotta e al piano dei centri) che dal punto di vista tensionale (4 coppie di strain meters collegate all'armatura o annegate nel calcestruzzo in corrispondenza di chiave calotta, piano dei centri e chiave arco rovescio).
  La sezione sarà applicata puntualmente nel corso degli avanzamenti, con un intervallo tra stazioni di misura successive indicativamente pari a 500,0 m;

- **Sezione tipo C** – La sezione rappresenta un'ulteriore evoluzione della sezione tipo B alla quale, mantenendo la strumentazione descritta in precedenza, viene aggiunto il posizionamento di due estensimetri multibase (L = 20,0 m – 4 basi di misura) in corrispondenza dei reni, per la valutazione del comportamento deformativo dell'ammasso nell'intorno dello scavo, e di due piezometri radiali (L = 10,0 m – 2 celle) per la valutazione dello stato di falda e della presenza di eventuali pressioni neutre a tergo del rivestimento.
  La sezione verrà applicata localmente, nelle zone di tracciato ritenute più significative (in totale saranno previste 4 sezioni).

Nei paragrafi seguenti, dopo una descrizione delle specifiche tecniche relative alla strumentazione da installare e delle frequenze di lettura previste, si riporta una spiegazione sintetica dell'applicazione delle diverse sezioni per ciascuna tratta di galleria.

16.3.2 Finestra di servizio

La Finestra di servizio ha uno sviluppo complessivo di 368 m e verrà realizzata con scavo in tradizionale a partire dall'area dell'ex canile municipale. Lo scavo interesserà prevalentemente la formazione del Flysch di Monte Antola, di buone caratteristiche geomeccaniche, a meno della zona di imbocco, a basse coperture, in cui saranno presenti anche strati di coltre eluvio colluviale e riporti.

Il sistema di monitoraggio prevedrà prevalentemente l'applicazione di sezioni di monitoraggio di tipo A, disposte ad interasse di 50,0 m.

Un'intensificazione delle sezioni è prevista in corrispondenza dell'imbocco dove, alla luce del particolare contesto geomeccanico, si prevede il posizionamento di 3 sezioni tipo A con interasse ridotto e anche una stazione di monitoraggio tenso-deformativo (tipo B).

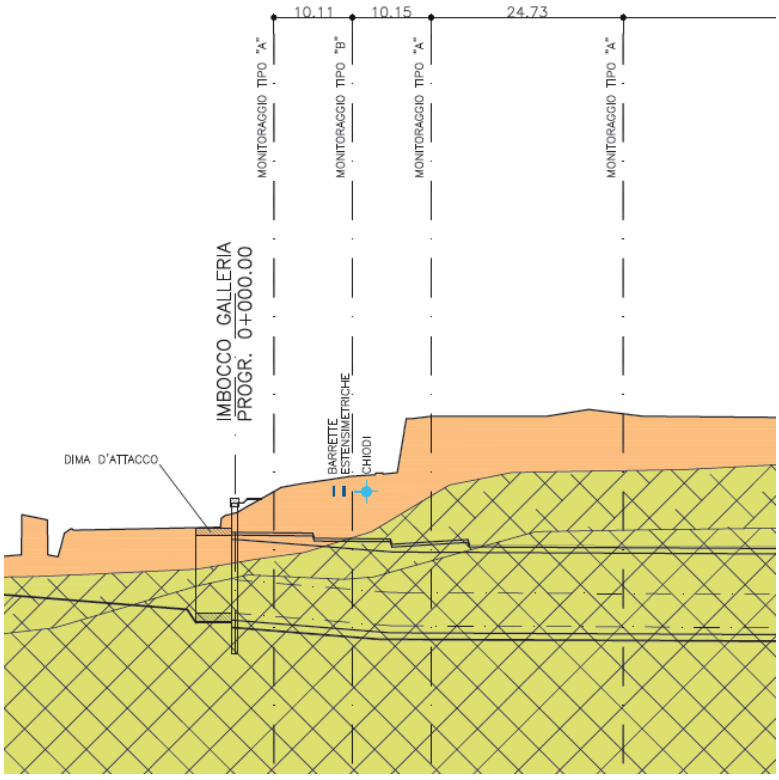


Figura 16-4 – Finestra di servizio – Sistema di monitoraggio – Tratta di imbocco

16.3.3 Galleria Scolmatrice – Tratta a monte

Il tratto di monte della galleria Scolmatrice ha uno sviluppo complessivo di circa 650 m e verrà realizzata a con scavo in tradizionale a partire dal camerone di montaggio della TBM, applicando prevalentemente una sezione tipo semplicemente bullonata (sezione tipo Ab).

Il sistema di monitoraggio prevedrà l'applicazione di sezioni di monitoraggio di tipo A, disposte ad interasse di 50,0 m, oltre a due sezioni tipo B (in rosso in figura seguente) nel tratto immediatamente successivo all'attraversamento di via Merello e 300 m dopo, a metà del tracciato) e una sezione tipo C in prossimità del camerone di montaggio (in verde in figura seguente).

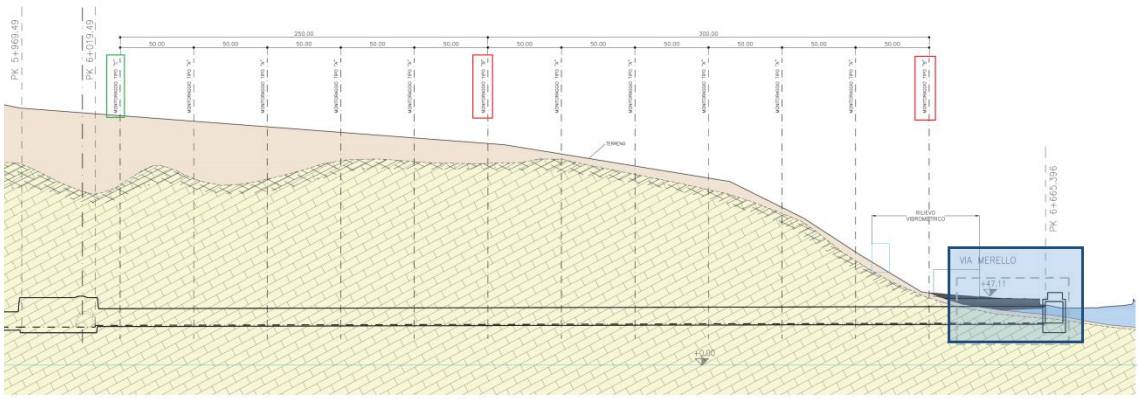


Figura 16-5 – Galleria Scolmatrice – Tratto di monte – Sistema di monitoraggio

Un sistema di monitoraggio ad hoc sarà previsto per il tratto più prossimo all'opera di presa, in cui la galleria sottopassa la via Adamoli con valori di ricoprimento molto ridotti, dell'ordine di 3,0÷4,0 m (riquadro blu in basso). Vista la particolare configurazione in questo tratto l'interasse delle sezioni di monitoraggio verrà ridotto a 10,0÷16,0 m, con l'introduzione di due sezioni di tipo A e due sezioni di tipo B.

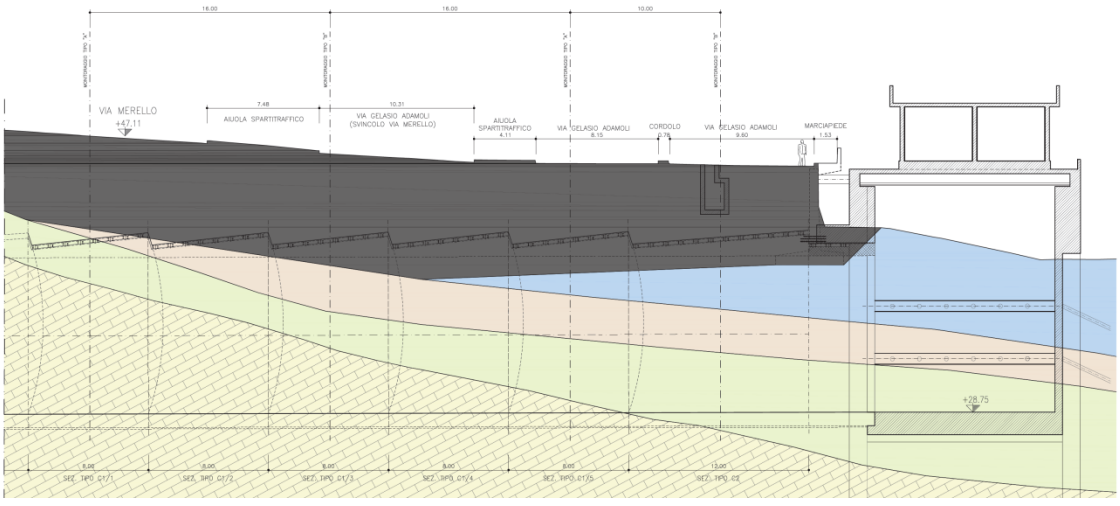


Figura 16-6 – Galleria Scolmatrice – Tratto di monte – Sistema di monitoraggio (sotto-attraversamento via Adamoli)

16.3.4 Galleria Scolmatrice – Corso Italia

Il tratto in oggetto si estende per circa 50,0 m all'estremità lato mare della galleria Scolmatrice ed interessa la formazione del Flysch di Monte Antola con basse o bassissime coperture in corrispondenza dell'asse stradale di C.So Italia e del Forte San Giuliano, caratterizzate inoltre dalla presenza di materiali di riporto sotto il sedime di C.so Italia.

Così come per il sottopasso di via Adamoli descritto in precedenza, anche in questo caso, vista la presenza di coperture molto ridotte, si è predisposto un sistema di monitoraggio ad hoc con sezioni disposte ad interasse ridotto. Nel dettaglio, come indicato nella seguente Figura, saranno predisposte due sezioni di tipo A e due sezioni di tipo B, con interasse pari a 8,0÷16,0 m.

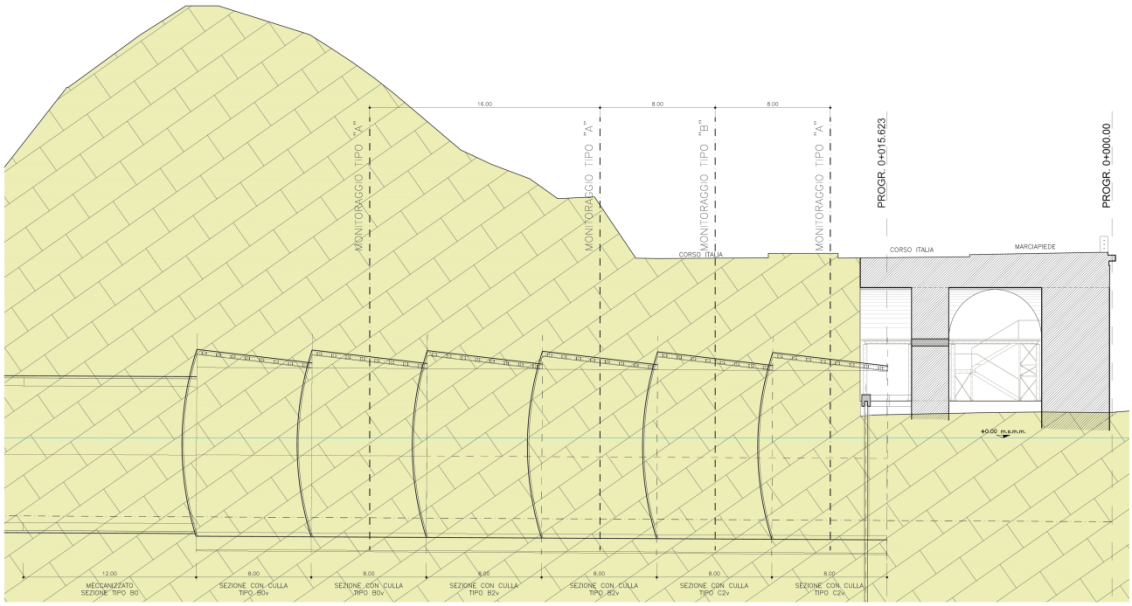


Figura 16-7 – Galleria Scolmatrice – C.so Italia – Sistema di monitoraggio

16.3.5 Galleria Scolmatrice – Camera di lancio

La Camera di lancia viene scavata interamente nella formazione del Flysh di Monte Antola, in condizioni di copertura elevata (indicativamente compresa tra 140,0 m e 170,0 m), per uno sviluppo complessivo di 120,0 m.

Tenuto conto del contesto geomeccanico favorevole (il comportamento dell'ammasso roccioso allo scavo risulta essere sostanzialmente di tipo "A", con fronte stabile) si prevede l'approntamento di due sezioni di misura delle convergenze (tipo A) ad inizio e fine Camera, intervallate da una sezione tipo B ubicata in corrispondenza della mezzeria.

16.3.6 Galleria Scolmatrice – Camerone e allargo finestra

Il camerone si sviluppa per 50 m sulla direzione individuata dall'asse della galleria principale, verrà realizzato con scavo in tradizionale a partire dalla finestra secondo una particolare fasizzazione descritta negli specifici documenti di progetto. Nel dettaglio, la finestra nel tratto terminale prevedrà un allargamento della sezione di scavo per consentire di attaccare il fronte del camerone. Lo scavo interesserà prevalentemente la formazione del Flysch di Monte Antola, di buone caratteristiche geomeccaniche.

Per il monitoraggio in accordo alle fasi generali di realizzazione dell'opera si individuano due configurazioni:

- Monitoraggio in fase di cantiere durante la quale sono installati i soli rivestimenti di prima fase (costituiti da spritz beton e bulloni) e sarà gettato il solettone di fondo
- Monitoraggio in fase di esercizio in cui la struttura definitiva è ultimata

Monitoraggio in fase di cantiere

In analogia a quanto previsto per le galleria si sono individuate delle sezioni tipo di monitoraggio:

MONITORAGGIO TIPO A

Sezione di monitoraggio topografico e tenso-deformativo del cavo, che prevede il rilievo ad alta precisione delle coordinate di 5 punti di misura (mire ottiche per misure di convergenza) disposti sul rivestimento di prima fase della galleria. Indicativamente le mire ottiche saranno disposte in corrispondenza della chiave calotta, del piano dei centri e dell'attacco dei piedritti, come indicato nella seguente figura. Inoltre, per la misura dello stato tensionale dei prerivestimenti si prevede l'installazione di 5 bulloni strumentati con estensimetri.

MONITORAGGIO TIPO B

La sezione rappresenta un'ulteriore evoluzione della sezione tipo A alla quale, mantenendo la strumentazione descritta in precedenza, viene aggiunto il posizionamento di due estensimetri multibase (L = 20,0 m – 4 basi di misura) in corrispondenza dei reni, per la valutazione del comportamento deformativo dell'ammasso nell'intorno dello scavo, e di due piezometri radiali (L = 10,0 m – 2 celle) per la valutazione dello stato di falda e della presenza di eventuali pressioni neutre a tergo del rivestimento.

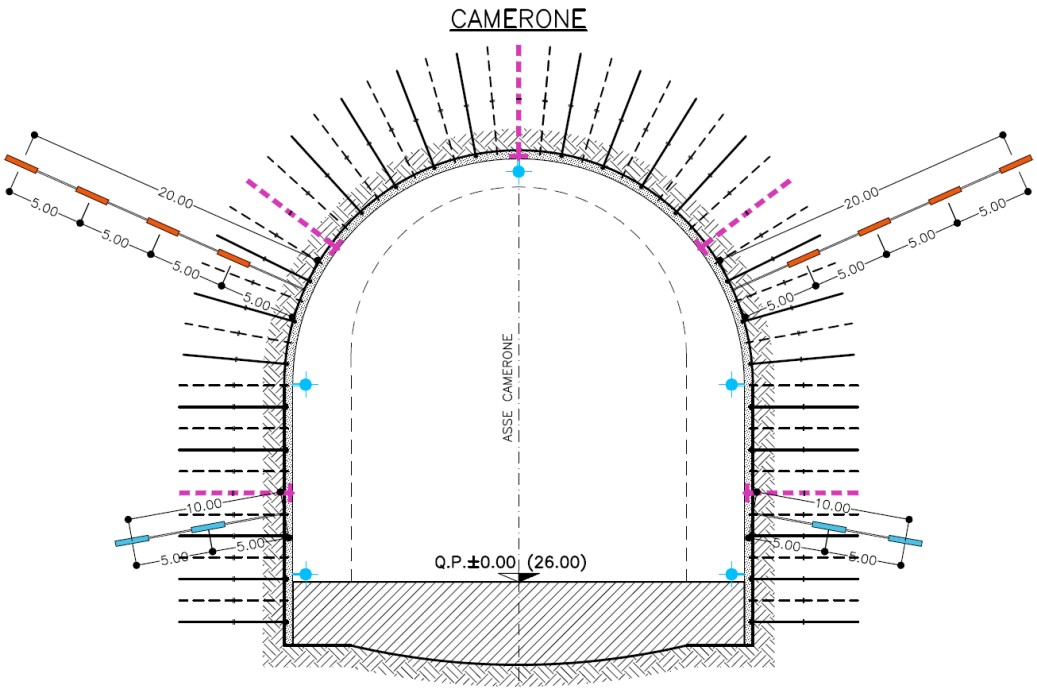


Figura 16-8 – Monitoraggio Camerone – Sezione di monitoraggio tipo B

Planimetricamente si prevede l'installazione delle sezioni di monitoraggio tipo A e B sia in corrispondenza della finestra di accesso (tratto in allargo) che del camerone come riportato nella figura seguente.

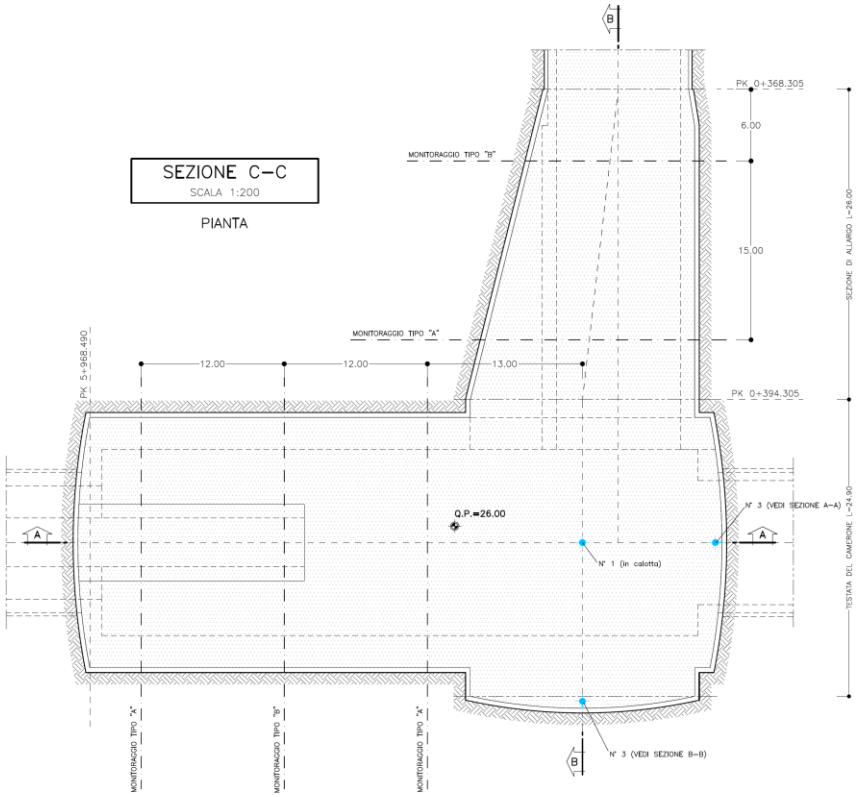


Figura 16-9 – Monitoraggio Camerone – Distribuzione planimetrica sezioni di monitoraggio tipo A-B

Oltre alle sezioni definite sopra si prevede l'installazione di mire ottiche nella zona di innesto delle due gallerie.

Monitoraggio in fase di esercizio

In analogia a quanto previsto per le galleria si sono individuate delle sezioni tipo di monitoraggio:

MONITORAGGIO TIPO C

Sezione di monitoraggio topografico dei rivestimenti definitivi, che prevede il rilievo ad alta precisione delle coordinate di 3 punti di misura (mire ottiche per misure di convergenza) disposti sul rivestimento di seconda fase della galleria. Indicativamente le mire ottiche saranno disposte in corrispondenza della chiave calotta e del piano dei centri non potendo essere disposte in corrispondenza dell'attacco dei piedritti a causa dello scorrimento dell'acqua che avverrà immediatamente dopo il completamento dell'opera in oggetto..

MONITORAGGIO TIPO D

La sezione rappresenta un'evoluzione della sezione tipo C alla quale si aggiungono degli strumenti per il monitoraggio del comportamento tenso-deformativo del rivestimento definitivo. In particolare è prevista l'installazione di 4 coppie di strain-meters collegate all'armatura o annegate nel calcestruzzo in corrispondenza di chiave calotta, piedritti e chiave arco rovescio.

Planimetricamente si prevede l'installazione delle sezioni di monitoraggio tipo C e D sia in corrispondenza della finestra di accesso (tratto in allargo) che del camerone
Oltre alle sezioni definite sopra si prevede l'installazione di mire ottiche nella zona di innesto delle due gallerie

16.3.7 Galleria Scolmatrice – Scavo meccanizzato

Il tratto di galleria Scolmatrice scavato in meccanizzato si estende dalla camera di lancio allo sbocco a mare, per uno sviluppo complessivo di 5876 m.

La distribuzione delle sezioni di monitoraggio rispetta le indicazioni di progetto, con una sezione di monitoraggio topografico (tipo A) ogni 50,0 m e una sezione di monitoraggio tenso-deformativo del cavo (tipo B) ogni 500,0 m.

In 5 punti ritenuti di particolare interesse si provvederà al posizionamento delle sezioni tipo C, per valutare anche il comportamento deformativo dell'ammasso nell'intorno dello scavo e le condizioni di falda:

- **Progr. Km 0+880 circa**: Attraversamento della formazione del Flysh di Monte Antola con basse coperture e ammasso intensamente tettonizzato, fratturato e alterato;
- **Progr. Km 2+200 circa**: Attraversamento della formazione del Flysh di Monte Antola in corrispondenza del Graben di Terralba, con possibile presenza in calotta di Argille di Ortovero;
- **Progr. Km 3+720 circa**: Attraversamento della formazione del Flysh di Monte Antola in corrispondenza dell'impluvio del Rio Fereggiano;
- **Progr. Km 4+680 circa**: Attraversamento della formazione del Flysh di Monte Antola in corrispondenza delle massime coperture;
- **Progr. Km 5+380 circa**: Attraversamento della formazione delle Argilliti di Montoggio in condizioni di bassa copertura.

Una decisa intensificazione delle sezioni di monitoraggio è stata inoltre imposta nel tratto in cui gli scavi passeranno al di sotto della linea ferroviaria esistente Genova – La Spezia (progr. Km 1+520 circa), ad una distanza di circa 6,20 m dalla base delle gallerie esistenti. In virtù della particolare configurazione di lavoro e per avere un controllo quanto più possibile capillare delle condizioni di avanzamento, per una fascia di 20,0 m a cavallo delle gallerie esistenti si predisporrà una stazione di misura topografica ogni 5,0 m, oltre ad una sezione di monitoraggio tenso-deformativo del cavo.

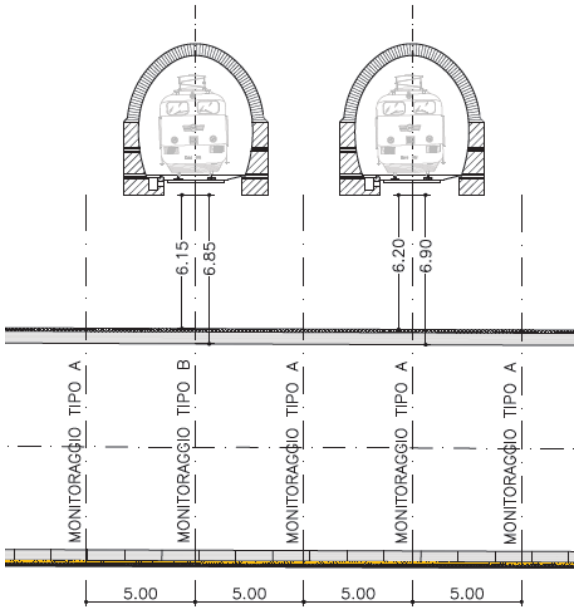


Figura 16-10 – Galleria Scolmatrice – Scavo meccanizzato – Sistema di monitoraggio per il tratto in corrispondenza della linea ferroviaria esistente Genova – La Spezia

17 PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE E SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE DEI CANTIERI

Il **Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA)** costituisce parte integrante dello Studio di Impatto Ambientale (SIA) del progetto, in ottemperanza a quanto stabilito dall'art. 22, comma 3, lettera e) del D.lgs. 152/2006 e s.m.i.

Il PMA definisce contenuti, criteri, metodologie, organizzazione e risorse da impiegare in fase di **Monitoraggio Ambientale (M.A.)** dell'opera in progetto.

In considerazione delle valutazioni effettuate nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale (SIA), saranno oggetto di M.A. i seguenti fattori ambientali, per i quali, in coerenza con quanto documentato nello SIA, sono stati individuati potenziali impatti ambientali significativi connessi alla realizzazione e messa in esercizio dell'opera in progetto:

- Atmosfera
- Acque superficiali
- Acque marino-costiere
- Suolo e sottosuolo
- Acque sotterranee
- Biodiversità (o Vegetazione, fauna, flora ed ecosistemi)
- Rumore;
- Vibrazioni;
- Paesaggio, patrimonio culturale e beni materiali;

17.1 Obiettivi e requisiti del monitoraggio ambientale

Scopo del Monitoraggio Ambientale (MA) è quello di:

- verificare la conformità alle previsioni di impatto individuate durante la progettazione relative alle fasi di costruzione e di esercizio dell'opera;
- correlare gli stati *ante operam*, corso d'opera e *post operam*, al fine di valutare l'evolversi delle condizioni ambientali in relazione alla realizzazione e all'esercizio dell'opera;
- garantire, durante la costruzione, il pieno controllo della situazione ambientale, al fine di rilevare prontamente eventuali situazioni non previste e/o criticità ambientali e attuare tempestivamente le più opportune azioni correttive;
- verificare l'efficacia delle misure di mitigazione definite in fase progettuale..

Sulla base degli obiettivi individuati, il presente PMA, tenuto conto delle specificità dell'opera in progetto, risponde ai seguenti requisiti:

- stabilire la programmazione dettagliata spazio-temporale delle attività di monitoraggio e la definizione degli strumenti;
- definire modalità di segnalazione tempestiva di eventuali insufficienze e anomalie ambientali;
- individuare parametri ed indicatori facilmente misurabili e affidabili, rappresentativi dei fenomeni da monitorare;
- definire numero, tipologie e distribuzione territoriale delle stazioni di misura e frequenza delle misure, assicurando la rappresentatività dei fenomeni da monitorare;
- prevedere la restituzione periodica programmata e su richiesta delle informazioni e dei dati in maniera strutturata e georeferenziata, di facile utilizzo e aggiornamento;
- definire la struttura organizzativa minima preposta all'effettuazione del MA;

- identificare e dettagliare il costo del monitoraggio – da inserire nel quadro economico del progetto definitivo.

Si dichiara che tutte le attività di monitoraggio dovranno essere svolte in coerenza con la normativa vigente, prevedendo l'utilizzo di metodologie validate e di comprovato rigore tecnico-scientifico.

17.2 Articolazione temporale del M.A.

Per ciascuna componente ambientale oggetto di M.A., il PMA definisce le seguenti tre fasi di monitoraggio:

- **Monitoraggio ante operam (AO)**: fase di caratterizzazione ambientale in assenza di interferenze imputabili alla realizzazione dell'opera (situazione di "zero"), avente ad oggetto i fattori ambientali ritenuti pertinenti; si conclude prima dell'inizio delle attività di realizzazione delle opere in progetto e ha durata variabile in relazione al fattore ambientale indagato;
- **Monitoraggio in corso d'opera (CO)**: fase di monitoraggio corrispondente al periodo di realizzazione delle opere in progetto, dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento e al ripristino dei siti;
- **Monitoraggio *post operam*(PO)**: fase di monitoraggio corrispondente al periodo di pre-esercizio ed esercizio, la cui durata è funzione del fattore ambientale indagato, in relazione alla significatività del dato misurato.

Per ognuna delle tre fasi si riportano nel seguito le relative finalità:

- **Monitoraggio *ante operam* (AO)**
  - ✓ definire lo stato fisico dei luoghi, le caratteristiche dell'ambiente naturale e antropico pre-esistenti all'avvio dei lavori;
  - ✓ rappresentare la situazione di partenza, rispetto alla quale valutare la sostenibilità ambientale dell'opera, a partire dalla quale saranno valutati gli effetti indotti dalla realizzazione della stessa;
  - ✓ consentire la valutazione comparata con i controlli effettuati in corso d'opera, al fine di evidenziare specifiche esigenze di protezione ambientali;
- **Monitoraggio in corso d'opera (CO)**
  - ✓ analizzare l'evoluzione dei fattori ambientali monitorati in fase AO, rappresentativi di fenomeni soggetti a modifiche indotte dalla realizzazione dell'opera, direttamente o indirettamente;
  - ✓ controllare situazioni specifiche, al fine di adeguare la conduzione dei lavori;
  - ✓ identificare eventuali criticità ambientali, non individuate in fase *ante operam*, che richiedono ulteriori esigenze di monitoraggio;
- **Monitoraggio *post operam* (PO)**
  - ✓ confrontare gli indicatori definiti nello stato *ante operam* con quelli rilevati nella fase di esercizio dell'opera;
  - ✓ controllare i livelli di ammissibilità, sia dello scenario degli indicatori definiti nelle condizioni *ante operam*, sia degli altri eventualmente individuati in fase di corso d'opera;
  - ✓ verificare l'efficacia degli interventi di mitigazione e compensazione, anche al fine del collaudo.

18 PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO E DEMOLIZIONI

Per maggiori dettagli si rimanda al piano particellare di esproprio allegato.

19 CENSIMENTO E RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE

E' stata condotta la ricerca dei sottoservizi interferenti con le opere in progetto, mediante la acquisizione delle cartografie disponibili e la esecuzione di specifici sopralluoghi da parte dei seguenti enti gestori:

- ENEL (linee E.E.)
- IRETI (rete acquedottistica)
- IRETI (distribuzione gas)
- IRETI (fognature bianche e nere)
- ASTER (illuminazione pubblica ed impianti semaforici)
- OPEN FIBRA e FASTWEB (rete dati)
- TELECOM (reti telefoniche)
- AMT Genova (trasporto pubblico)

Rimandando alla documentazione allegata al presente progetto esecutivo, si segnalano le principali interferenze che dovranno essere risolte prima e/o contestualmente all'avvio dei lavori.

1) ENEL: oltre allo spostamento di alcune linee di allaccio aeree nell'ambito del cantiere ex-canile, si segnala la presenza di 5 linee in M.T. che attualmente attraversano il t. Bisagno staffate al ponte pedonale esistente, e di cui è prevista la demolizione. Per tale motivo nel cronoprogramma dei lavori è stata anticipata la realizzazione del nuovo ponticello pedonale, per permettere, prima dell'avvio delle operazioni in alveo, lo spostamento delle linee in corrispondenza della nuova struttura, prima della demolizione della vecchia.
2) ENEL: lungo via Adamoli è presente un cunicolo dei sottoservizi lungo il quale sono inserite alcune linee di MT. Non è prevista alcuna interferenza con i lavori, in quanto il sotto-attraversamento della nuova galleria avverrà, in quel tratto, adottando delle iniezioni di consolidamento in bassa pressione, tali da non determinare alcun danno al cunicolo esistente.
3) IRETI: lungo via Emilia è presente un collettore di adduzione in acciaio DN650, interferente con le opere provvisionali necessarie alla realizzazione dei nuovi muri spondali a monte ed a valle dell'opera di sbarramento. Tale condotta dovrà essere spostata preliminarmente all'avvio dei lavori.
4) ASTER: lungo via Emilia è presente la linea di illuminazione "staffata" al muro arginale, che dovrà essere in parte demolito per permettere la realizzazione dei nuovi muri spondali a monte ed a valle dell'opera di sbarramento. La illuminazione pubblica verrà pertanto temporaneamente rimossa per permettere la esecuzione dei lavori, per essere poi ripristinata al termine delle operazioni di realizzazione delle nuove opere murarie in destra idraulica.
5) AMT: la necessità di chiudere una corsia della carreggiata a senso unico di via Emilia imporrà lo spostamento temporaneo di una fermata del trasporto pubblico.

20 PIANO DI MANUTENZIONE

È parte integrante del presente Progetto Esecutivo, il Piano di Manutenzione delle opere che ne prevede, pianifica e programma l'attività di manutenzione, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi, al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico delle opere in progetto per le quali è prevista una vita nominale (vita utile) dell'opera pari a 100 anni.

Il piano di manutenzione assume contenuto differenziato in relazione all'importanza e alla specificità dell'intervento, ed è costituito dai seguenti documenti operativi:

- il manuale d'uso;
- il manuale di manutenzione;
- il programma di manutenzione.

Con riferimento all'elaborato di progetto specifico al quale si rimanda, il piano di manutenzione è suddiviso nelle seguenti parti:

- opere in alveo e opera di presa sul Rio Sciorba;
- impianto oleodinamico;
- impianto elettrico;
- opere in sotterraneo.

21 PSC

21.1 Relazione descrittiva

Il documento *Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC),* è stato redatto da professionista abilitato ai sensi dell'art. 98 del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81.Con la redazione del *Piano di Sicurezza e Coordinamento* il *Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione* adempie agli obblighi previsti dall'art. 91, comma 1, lettera a) del citato decreto.Il piano, che costituisce parte integrante del contratto di appalto, contiene l'analisi e la valutazione dei rischi connessi alla particolarità dei luoghi di svolgimento dei lavori ed alle specifiche attività previste per la realizzazione dell'opera. Nel piano sono altresì indicate le misure di prevenzione a tutela della salute dei lavoratori, nel rispetto delle norme di legge e di buona tecnica.Alla predisposizione del Piano di Sicurezza e Coordinamento si è pervenuti attraverso la:

- ✓ individuazione dei luoghi designati ed esame delle caratteristiche e delle condizioni significative ai fini della salute e sicurezza degli addetti e dell'igiene del cantiere;
- ✓ analisi dettagliata dei rischi connessi alle diverse attività da eseguire;
- ✓ individuazione delle misure di sicurezza da adottare per eliminare i rischi esistenti;
- ✓ individuazione dei mezzi di protezione collettiva o individuale necessari per il contrasto dei rischi esistenti, nell'impossibilità di predisporre adeguate misure di sicurezza;
- ✓ individuazione dei provvedimenti di igiene da adottare a tutela della salute dei lavoratori e pubblica;
- ✓ interpretazione delle note interregionali Toscana – Emilia Romagna in merito alle opere in sotterraneo;
- ✓ individuazione delle procedure per lo scavo con TBM (da dettagliare da parte della società esecutrice dei lavori).

È stata inoltre considerata l'organizzazione e le tecnologie da utilizzare, nonché i macchinari, le attrezzature ed i materiali d'impiego.Il piano potrà essere modificato al fine di migliorare ulteriormente le condizioni di lavoro previste, ove ciò fosse possibile; dovrà, invece, obbligatoriamente essere integrato all'evidenza di fattori nuovi di pericolo connessi alle attività o derivanti da interferenze, non valutati in sede preventiva perché accertati in momenti successivi.L'impresa aggiudicataria dei lavori sarà chiamata ad attuare concretamente le misure formulate dal presente piano e potrà farlo con le modalità operative autonomamente prescelte che dovranno essere indicate sul proprio documento di sicurezza, il Piano Operativo di Sicurezza (POS) che assumerà, pertanto, le caratteristiche di piano complementare e di dettaglio del presente. Il datore di lavoro dell'impresa esecutrice metterà a disposizione del Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza, almeno 10 giorni prima dell'inizio dei lavori, una copia del presente piano.

Il Committente, prima dell'affidamento dei lavori, dovrà provvedere a designare un professionista abilitato quale Coordinatore per l'esecuzione dei lavori cui spettano i poteri e gli obblighi di cui all'art. 92 del D. Lgs. 81/2008. Oltre all'impresa aggiudicataria, tutte le imprese esecutrici ed i lavoratori autonomi che prestano la propria attività all'interno del cantiere, a qualsiasi titolo, sono tenute – prima dell'inizio dei rispettivi lavori – alla redazione di un proprio P.O.S..

21.2 Conclusioni generali

Le prescrizioni contenute nel PSC, pur ritenute sufficienti a garantire la sicurezza e la salubrità durante l'esecuzione dei lavori, richiedono ai fini dell'efficacia, approfondimenti e dettagli operativi da parte delle Imprese esecutrici. Per tale motivo sarà cura dei datori di lavoro delle Imprese esecutrici, nei rispettivi

POS, fornire dettagli sull'organizzazione e l'esecuzione dei lavori, in coerenza con le prescrizioni riportate nel presente PSC. Le indicazioni riportate nel Piano non sono da considerarsi esaustive di tutti gli obblighi previsti in materia di sicurezza in capo ai soggetti esecutori. Rimane infatti nella piena responsabilità dell'impresa esecutrice rispettare, oltre alle prescrizioni del presente Piano anche tutti gli obblighi previsti dalla normativa vigente in materia di sicurezza. Il Piano individua, attraverso un percorso articolato mirato al più ampio coinvolgimento delle maestranze, un metodo procedurale che in progress assicurerà il miglioramento di tutti i dispositivi utili al miglioramento della sicurezza.

21.3 Allegati

Al Piano di Sicurezza e Coordinamento sono allegati i seguenti elaborati, da considerarsi parte integrante del Piano stesso, oltre a tavole esplicative di progetto:

- Allegato "A" - Diagramma di Gantt (Cronoprogramma dei lavori);
- Allegato "B" - Analisi e valutazione dei rischi;
- Allegato "C" - Stima dei costi della sicurezza;
- Allegato "D" – Ulteriori prescrizioni per opere in sotterraneo.